
RAUTATIEONNETTOMUUKSIEN

SISÄISET JA ULKOISET KUSTANNUKSET

o **Juha Tervonen**

RAUTATIEONNETTOMUUKSIEN SISÄISET JA ULKOISET KUSTANNUKSET

RHK
RATAHALLINTOKESKUS
KAIVOKATU 6, PL 185
00101 HELSINKI

PUH. (09) 5840 5111
FAX. (09) 5840 5100
SÄHKÖPOSTI: info@rhk.fi

ISBN 952-445-044-5
ISSN 1455-2604

Tervonen, Juha: Rautatieonnettomuuksien sisäiset ja ulkoiset kustannukset. Ratahallintokeskus, Kehittämisyksikkö. Helsinki 2000. Ratahallintokeskuksen julkaisuja A 11/2000. 38 sivua. ISBN 952-445-044-5, ISSN 1455-2604.

TIIVISTELMÄ

Raportissa esitetään viitekehys eri tyyppisten rautatieonnettomuuksien sisäisten ja ulkoisten kustannusten luokittelumiseksi ja laskemiseksi. Tarkastelu keskittyy henkilövahinko-onnettomuuksiin. Lisäksi pohditaan kustannusten kohdentamista. Keskeiset sovelluskohteet ovat ratamaksun määrittäminen sekä rautatieliikenteen yhteiskuntataloudellinen tarkastelu.

Ruotsissa ja Norjassa on käytössä ainoat rautatieliikenteen sisäisten ja ulkoisten onnettomuus-kustannusten tarkasteluun vakiintuneet mallit. Ne noudattavat pääpiirteissään teoriaa, mutta sisältävät myös omia ratkaisuja. Nyt esitetty kehikko on synteesi ko. malleista sekä teoriasta.

Onnettomuudet suositellaan kategorisoitavan tyyppin ja henkilövahingon asteen mukaan, koska sisäisen ja ulkoisen kustannuksen jako riippuu onnettomuuden luonteesta. Onnettomuustyyppejä ovat:

- a) suistuminen tai törmäys rautateillä
- b) tasoristeysonnettomuus (varoitustaittein tai ilman varoitustaitetta)
- c) laiturialueella tapahtuva henkilövahinko-onnettomuus tai putoaminen liikkuvasta junasta
- d) muualla kielletyllä ratalinjalla tapahtuva henkilövahinko-onnettomuus

Keskeinen sisäisen ja ulkoisen kustannuksen määrittäjä on riskin aiheuttaminen ja tiedostaminen kussakin onnettomuuskategoriassa. Kaikkien onnettomuustyyppien osalta matkustajat, junahenkilökunta sekä teillä liikkujat tiedostavat toimintaan liittyvän onnettomuusriskin. Tällöin henkilövahingon riskiarvo on sisäinen kustannus ja ulkoiseksi kustannukseksi jäävät viranomaiskustannukset sekä menetetty kansantalouden tuotanto. Kuitenkin varoitustaitteettomassa tasoristeyksessä, laiturialueella tai liikkuvassa junassa ihmisen varovaisuus ei välttämättä estä onnettomuutta. Tällöin myös henkilövahingon riskiarvot ovat ulkoisia kustannuksia. Suomessa sairaanhoidon, kuntoutuksen ja ansionmenetyksen kustannukset on sisäistetty ankarana vastuun vakuutusikäntöjen kautta.

Silloin kun vastuu riskistä on rautateillä, on kustannusvastuukin rautateillä. Jos riskin ottaja on muu liikennemuoto, ei kustannusvastuu kohdistu rautateille. Ilman varoitustaitetta olevan tasoristeysonnettomuuden ulkoinen kustannus suositellaan jaettavaksi rautatie- ja tieliikenteen kesken. Onnettomuus matkustajalle tai saattajalle laiturialueella tai liikkuvasta junasta putoavalle matkustajalle kohdennetaan rautateille. Kielletyllä ratalinjalla tapahtuneet henkilövahingot eivät kohdennu rautateille, koska vahinko on seurausta tietoisesta riskinotosta.

Rautatieonnettomuudet aiheuttavat myös liikenteen viivästyksiä, sekä ympäristökustannuksia mikäli onnettomuus tapahtuu vaarallisten aineiden kuljetuksissa. Etenkin viivästysten tarkastelua suositellaan jatkossa.

Henkilövahinkojen arvottamisessa nojaututaan vuonna 1999 määriteltyihin liikenneonnettomuuksien henkilövahinkojen yhteiskuntataloudellisiin yksikköarvoihin. Oikeaoppiset onnettomuuksien rajakustannukset voidaan määritellä suhteuttaen yksikköarvoja riskimalleilla liikkumisen määrään.

Ratamaksun tasoon esitetty kehikko ei vaikuttane radikaalisti. Kehikon tarkoitus onkin luoda läpinäkyvyyttä onnettomuus-kustannusten tarkasteluun. Rautateiden kustannusvastuuta korostetaan toisissa tilanteissa, kun taas toisissa tilanteissa se joko rajataan pois tai se alenee. Merkittävämpi muutos seuraa henkilövahinkojen yksikköarvojen päivityksestä. Ohjausvaikutuksista voidaan sen verran että ilman varoitustaitetta oleviin tasoristeyksiin kiinnitetään nyt huomiota enemmän.

Tervonen, Juha: Internal and external costs of railroad accidents. Finnish Rail Administration, Strategy Unit. Helsinki 2000. Publications of Finnish Rail Administration A 11/2000. 38 pages. ISBN 952-445-044-5, ISSN 1455-2604

SUMMARY

This report suggests a framework for categorizing and assessing the internal and external costs of railroad accidents. The focus is on personal injuries and allocation of cost responsibility. The main applications are levying track user charges and socio-economic impact assessment of the rail mode.

Sweden and Norway are possibly the only countries to apply an established framework for assessing the internal and external costs of railroad accidents. They mostly apply existing theory, but also make their own assumptions. The framework presented here is based on these models and existing theory.

It is recommended, that since the external cost element is dependent on the nature of the accident, accidents are examined as categorized and according to the severity of injury. Accident categories are:

- a) collision or derailling
- b) grade-crossing accident (with and without warning device)
- c) accident on platform area or falling of a moving train
- d) accident on forbidden track zone

The key criteria in deciding upon the internal and external element of accident cost, is the infliction and exposure of risk in different accident categories. In the case of collision, derailling or grade crossing accident, the passengers, train personnel and motorists are aware of their personal risks. Therefore, risk values are internalized on their part in all accidents. The remaining external costs are the costs to authorities and lost national product. However, in the case of accidents in grade crossings without warning device, or falling onto the tracks from platforms or from moving trains, the risk costs are considered externalities, since careful behavior may have not prevented the incident. In Finland, hospital costs, rehabilitations and compensations for lost income are effectively internalized through the insurance system applying principles of strict liability.

When risk has been inflicted by the railroad, also costs are allocated to the railroad, and visa versa. It should be clear, that accidents in grade crossings with warning device, the responsibility of accident costs is at the guilty partner entering tracks. The external costs of accidents in grade crossings without warning device are recommended split between railroads and roads. The costs of accident on platforms and accidents to passengers falling off moving trains are recommended for allocation to railroads. The costs of accidents to pedestrians crossing forbidden track zone are not considered the responsibility of railroads.

In addition, the costs of time delays caused by accidents should be considered, as well as possible environmental costs associated with accidents to transporting dangerous cargo.

Cost assignment is based on a recent up-date of the socio-economic unit costs of personal injuries. Marginal external costs of accidents can be estimated by applying these unit costs in accident risk models currently available at least for grade crossing accident.

The proposed framework will not impact track user charges radically, although some increase is expected. Instead, it will introduce transparency by emphasizing situations of stronger cost responsibility of the rail mode, and on the other hand, discharging the rail mode of cost responsibility in other situations. One certain impact is the recognition of the costs of accidents at grade crossings without warning device.

ESIPUHE

Ratahallintokeskus tilasi selvityksen rautatieliikenteen sisäisistä ja ulkoisista onnettomuus-kustannuksista Electrowatt-Ekono Oy:ltä huhtikuussa 2000. Työ valmistui lokakuussa samana vuonna.

Työn on tehnyt KTM Juha Tervonen. Projektia koordinoi ja avusti suunnittelija Tuomo Suvanto Ratahallintokeskuksen kehittämissyksiköstä. Keskustelu korvausvastuista käytiin Ratahallintokeskuksen lakimies ylitarkastaja Mika Mäkilän kanssa. Tekijä oli myös yhteyksissä onnettomuuskustannusten pohjoismaisiin asiantuntijoihin.

Projekti on osa liikennesektorilla käynnissä olevaa rajakustannushinnoittelun periaatteiden ja soveltamisen selvittämistyötä. Välittömin vaikutus raportin tuloksilla on ratamaksu-perusteiden määrittämiseen. Vastaavanlainen kehikko on tarpeen luoda myös tieliikenteelle.

Helsingissä, joulukuussa 2000

Ratahallintokeskus
Kehittämissyksikkö

SISÄLLYSLUETTELO

YHTEENVETO

SUMMARY

ESIPUHE

1 JOHDANTO	7
2 ONNETTOMUUSKUSTANNUKSET TALOUSTIETEEN MUKAAN	8
2.1 Rajakustannushinnoittelun periaatteet	8
2.2 Liikenneonnettomuuden kustannusrakenne	9
2.3 Rautatieonnettomuuden kustannukset	11
2.4 Sisäinen ja ulkoinen onnettomuuskustannus	
3 ONNETTOMUUSKUSTANNUSTEN LASKENTAMALLEJA	15
3.1 Ruotsalainen malli	15
3.2 Norjalainen malli	16
3.3 Yhteenveto Ruotsin ja Norjan malleista	18
3.4 Muita malleja	20
4 TURVALLISUUS SUOMEN RAUTATEILLA	21
4.1 Onnettomuuksien tilastointi	21
4.2 Rataverkon turvallisuus	21
5 ONNETTOMUUSKUSTANNUSMALLIEN SOVELTAMINEN SUOMEEN	23
5.1 Kustannusjaon periaatekehikko	23
5.2 Kustannusjako onnettomuustyypeittäin	26
5.3 Pohdintoja	29
6 VAIKUTUKSET RATAMAKSUUN	31
6.1 Ratamaksun määräytyminen nykyään	31
6.2 Ehdotetun mallin vaikutukset	32
7 JOHTOPÄÄTÖKSET	34
LÄHTEET	

1 JOHDANTO

Euroopan Komission ajamien liikenteen hinnoitteluperiaatteiden tavoitteena on kohdentaa liikenteen todelliset kustannukset liikenneväylien käyttäjille niiden syntymisen suhteessa. Tämä toteutuu soveltamalla aiheuttaja maksaa- periaatetta ja rajakustannushinnoittelua. Talousteorian mukaan lyhyen aikavälin rajakustannushinnoittelu tehostaa liikenneverkon käyttöä, sisäistää väylien käytöstä aiheutuvia yhteiskunnallisia kustannuksia sekä ohjaa liikkujien ja operaattoreiden käyttäytymistä. Keskeisten kustannuserien käsittelyyn onkin kehitetty teorioita, joita oletetaan sovellettavan mm. ratamaksua määrättäessä.

Rautatieonnettomuudet aiheuttavat merkittäviä yhteiskuntataloudellisia kustannuksia. Osa onnettomuuksista tapahtuu omalla liikennemuodolla, osa tasoristeyksissä tieliikenteen kanssa. Lisäksi ihmisiä jää junan alle asema-alueilla sekä muualla ratalinjalla. Myös vaarallisten aineiden kuljetuksissa voi tapahtua onnettomuuksia. Osa kustannuksista kohdistuu liikkujaan joka uhrina tai syyllisenä osapuolena, osa liikennöitsijään ja väylänpitäjään, osa muuhun yhteiskuntaan.

Liikenteen rajakustannushinnoittelu edellyttää onnettomuuskustannuksen tarkastelemista ns. sisäisinä ja ulkoisina kustannuselementteinä, eli kustannuksina jotka liikkuja huomioi tai ei huomioi liikkumispäätöksessään. Jälkimmäinen kustannus on hinnoittelurelevanttia. Ulkoinen onnettomuuskustannus tulisi vieläpä tuntea liikenteen määrän ja onnettomuusriskin suhteen samalla ja muilla liikennemuodoilla liikkuvien kesken.

Tämän työn tavoitteena on määritellä teorian mukaiset rautatieonnettomuuksien sisäiset ja ulkoiset kustannukset siten, että määritelmät palvelevat ratamaksun määrittämistä sekä rautatieliikenteen yhteiskuntataloudellista tarkastelua. Tarkastelu kattaa rautatieliikenteen omat onnettomuudet, onnettomuudet muiden liikennemuotojen ja onnettomuudet ratalinjalla liikkuvien ihmisten kanssa. Pääpaino on henkilövahingoissa, mutta myös materiaalivahinkoja sekä vaarallisia kuljetuksia sivutaan.

Raportti esittää taloustieteeseen nojaavat perustelut siitä mitä kustannuseriä kuuluu rautatieliikenteen sisäisiin ja ulkoisiin onnettomuuskustannuksiin, mitkä kustannukset ovat relevantteja rataverkon hinnoittelun kannalta, millä edellytyksillä ne on käytännössä laskettavissa sekä kuinka kustannukset tulisi sisäistää rataverkon hinnoitteluun. Varsinaisia rajakustannuksia ei määritellä tämän työn yhteydessä. Koska teorit ovat osittain kehittymättömiä ja vallitsevat käytännöt epäyhdenäisiä, joudutaan tiettyjä 'harmaita alueita' ratkaisemaan omiin päätelmiin perustuen.

Raportin luku 2 käsittelee onnettomuuskustannusten ja hinnoittelun teoriaa. Luku 3 esittelee käytössä olevia laskentamalleja. Luku 4 kuvaa Suomen rataverkon turvallisuutta. Luvussa 5 esitetään ehdotus Suomeen sovellettavasta laskentamallista ja luvussa 6 tarkastellaan sen vaikutuksia ratamaksuun ja radanpitoon. Luku 7 esittää johtopäätökset.

2 ONNETTOMUUSKUSTANNUKSET TALOUSTIETEEN MUKAAN

2.1 Rajakustannushinnoittelun periaatteet

Euroopan Komission High Level Group on Infrastructure Charging käsittelee työraporteissaan onnettomuuksien rajakustannusten laskentaa osana liikenteen yhteiskunnallisten kustannusten laskemisen ja hinnoittelun kehittämistä (European Commission, 1999a, 1999b ja 1999c). Rajakustannusten teoria esitetään keskeisimmin tieliikenteeseen viitaten, tarkastelematta rautateitä erikseen. Tosin samat yleisperiaatteet pätevät kaikilla liikennemuodoilla.

Onnettomuuksien yhteiskunnallisten kustannusten teoria ja laskentamenetelmät ovat jo vakiintuneita päätöksenteon apuvälineitä useissa maissa etenkin tieliikenteessä (Vägverket, 1997; UK DETR, 1997; US DOT, 1997; SIKI, 1999). Sen sijaan onnettomuuksien rajakustannusten teoria ja soveltaminen ovat kehittelyn alla (mm. Jansson, 1994; Elvik, 1994). Joitain tulkintoja rautatieliikenteelle on kuitenkin jo olemassa, ja niitä käytetään ratamaksujen määrittelyssä esimerkiksi Ruotsissa ja Norjassa (Hansson, 1997; Hagen, 1997, Eriksen et al, 1999). Toisaalta mm. UIC (1999) pitää teoriaa liian monimutkaisena tiukasti käytäntöön sovellettavaksi.

Liikenteen rajakustannukset ovat väylän käyttäjien välittömästi aiheuttamia selkeästi liikenteen määrästä riippuvia yhteiskunnallisia kustannuksia. Selkeimmillään rajakustannus voidaan yhdistää yksittäiseen ajoneuvoon tai liikkajaan. Tällaisia kustannuseriä ovat mm. onnettomuudet, ilmapäästöt sekä melu. Nämä kustannuserät synnyttävät myös merkittävimmät liikenteen yhteiskunnalliset kustannukset.

Yhteiskunnalliset rajakustannukset ovat ns. ulkoisia kustannuksia, mikäli ne eivät heijastu tai tule katetuiksi väylän käyttäjiltä perityissä maksuissa, esimerkiksi matkalipun ja polttoaineen hinnassa, väylän käyttömaksussa tai vakuutusmaksuissa. Ulkoisiksi onnettomuuskustannuksiksi luetaan tilanteesta riippuen hälytys- ja viranomaiskustannukset, liikenteen viivästykset sekä henkilövahinkojen osalta sairaanhoidon kustannukset, tuotannon menetykset ja inhimillisen hyvinvoinnin menetykset. Materiaalivahingot ovat tavalla tai toisella sisäisiä kustannuksia, koska niihin on varauduttu mm. vakuutuksin. Sama pätee ankaran vastuun vakuutusjärjestelmän kautta katettuihin sairaanhoidon kustannuksiin.¹

Onnettomuuskustannusten muodostumisessa keskeisiä tekijöitä ovat onnettomuuden tilastollinen todennäköisyys ja vakavuus. Kustannusten laskenta tulee suorittaa onnettomuusriskin sekä eri kustannustekijöiden funktiona, eritoten ulkoisten kustannusten osalta, koska se edustaa hinnoittelurelevanttia kustannusmassaa.

Kustannuserät lasketaan käytännössä toteutuneiden kustannusten pohjalta, jotka ovat väistämättä luokiteltuja keskiarvoja. Yleensä kustannusinventaarit tehdään onnettomuuden kaikille kustannuserille, eli onnettomuuden yhteiskunnalliselle kustannusmassalle kokonaisuudessaan. Soveltamalla kustannuseriä riskikertoimien avulla liikenteeseen, päästään lähemmäs teorian mukaisia onnettomuusriskin rajakustannuksia. Näin voidaan määritellä eri osapuolille aiheutuva onnettomuuskustannusten rasite liikkujan tai liikennemuodon tasolla.

¹ Raideliikennevastuulaki N:o 113/1999 sekä Liikennevakuutuslaki N:o 279/1959.

Ulkoisen kustannuksen sisäistäminen käsittää määrällisen kustannusvastuun ohella hintasignaalien tarjoamisen liikkujille. Oletuksen mukaan liikkujat tai operaattorit muuttavat käyttäytymistään kustannuksia alentavalla tavalla hintasignaalien pohjalta. Kustannusten periminen tulee suorittaa liikenneväylien käyttäjiltä onnettomuusriskin mukaan yksilö- tai operaattoritasolla vaihtelevien maksujen muodossa, ottaen huomioon kuljetun matkan pituus.

Maksujen kohdentamisessa sovelletaan teorian mukaan *syylisyyisperiaatetta* (riskin aiheuttaja maksaa). Maksut voidaan sisäistää liikkumisen hintaan vallitsevan käsityksen mukaan parhaiten vakuutusmaksujärjestelmän kautta, mutta myös matkalippujen hinnassa tai väylämaksuissa. Maksujärjestelmän tarkoitus ei ole korvata turvallisuusstandardeja, vaan täydentää niitä tarjoten kannustimia turvallisemmalle käyttäytymiselle.

Yksilö- tai operaattorikohtaiseen liikennekäyttäytymiseen perustuvaan hyvitys-/sakkojärjestelmään on mahdollista rakentaa selkeästi onnettomuuskustannuksia heijastavat hintasignaalit. Vakuutusmaksujen nykyistä suurempi vaihtelevuus aiheutuneiden kustannusten mukaan lisäisi hintasignaalin tehoa, koska silloin yksittäinen liikkuja maksaisi aiheuttamansa onnettomuuskustannukset suuremmalta osin nykyiseen osittain yhteisvastuullisuuteen perustuvaan vakuutusjärjestelmään verrattuna. Tosin vastuuvakuutusten puitteissa kustannusvastuun signaalit ovat varsin kattavia niiden kustannuserien osalta joita kyseiset vakuutukset korvaavat.

2.2 Liikenneonnettomuuden kustannusrakenne

Onnettomuuskustannusten jakaminen sisäisiin ja ulkoisiin kustannuselementteihin edellyttää ensin tavanomaisimpien vahinkotyyppien yhteiskunnallisen yksikkökustannuksen määrittämistä. Yksikkökustannus määritellään inventoimalla onnettomuudesta seuraavat välittömät taloudelliset kustannukset ja välilliset hyvinvoinnin menetykset. Kuviossa 2.1 on esitetty liikenneonnettomuudesta seuraavan henkilövahingon yleistetty kustannusrakenne.

Yksikköarvot on määritelty niin tie- kuin rautatieliikenteessäkin alun perin hankelaskennan tarpeisiin (ks. esim. Tielaitos, 1995). Samoista yksikköarvoista voidaan kuitenkin johtaa arvoja liikenteen hinnoitteluun. Metodologisesti arvottamis pohja on sama. Hankelaskenta käyttää hyötyjen/kustannusten määrittämisessä koko yksikkökustannusta riippumatta siitä onko hyötyjä yksityinen taho vai yhteiskunta, kun taas liikenteen hinnoittelussa ollaan kiinnostuneita ainoastaan ulkoisista kustannuselementeistä.

Materiaalikustannukset käsittävät ajoneuvo- ja muut omaisuusvahingot sekä vaurioituneet väylärakenteet ja laitteet (yhteiskunnan omaisuutta). Hälytys- ja viranomaiskustannuksiin luetaan poliisin, palokunnan ja ensiapuhenkilökunnan kustannukset sekä onnettomuudesta seuraavien viranomaistoimenpiteiden kustannukset (mm. tutkinta ja raportointi). Nämä kustannukset ovat läsnä kuta kuinkin kaikissa rautatieonnettomuuksissa vaikka henkilövahinkoja ei tapahtuisikaan.

Sairaanhoidon ja kuntoutuksen kustannukset aiheutuvat henkilövahinkojen välittömästä hoitamisesta ja niiden korjaamisesta. Mikäli henkilövahingot ovat vakavia, niistä aiheutuu tilapäisiä tai pysyviä tuotantokyvyn menetyksiä, jotka jakautuvat työnantajien ja itse uhrin menetyksiin. Tuottavan yksilön menetys heijastuu myös kansantalouden tuotantokykyyn. Reaalitaloudellisten tappioiden lisäksi henkilövahingosta aiheutuu inhimillisiä hyvinvointi-

tappioita, jotka myös arvotetaan taloudellisena menetyksenä.² Inhimillisiä menetyksiä kutsutaan usein riskiarvoksi, koska onnettomuuteen liittyvien hyvinvointitappioiden arvottaminen perustuu maksuhalukkuuden mittaamiseen onnettomuusriskin muutoksen suhteen (Jones-Lee, 1990; Tervonen, 1999a ja 1999b).

Inhimillisen hyvinvoinnin menetys (riskiarvo)
Tuotannon menetys ja tulonsiirrot
Sairaanhoidon ja kuntoutuksen kustannukset
Hälytys- ja viranomaiskustannukset
Materiaalikustannukset

Kuvio 2.1. Henkilövahinkoon johtaneen liikenneonnettomuuden kustannusrakenne.

Onnettomuuden ja henkilövahingon todelliset kustannukset ovat tapauskohtaisia. Yhteiskuntataloudellisessa tarkastelussa kustannukset kuitenkin määritellään keskimääräisinä yksikkökustannuksina muutamissa henkilövahinkoluokissa. Viimeisimmät henkilövahingon yksikköarvot on määritelty aineellisille ja aineettomille tappioille ensisijaisesti tieliikenneonnettomuuksissa (Taulukko 2.1).

Taulukko 2.1. Tieliikenneonnettomuudessa aiheutuneen henkilövahingon yksikkökustannukset (Tervonen, 1999b).

Vahinkotyyppi	Yksikkökustannus, mk			
	Välitön taloudellinen kustannus*	Tuotannon menetys	Riskiarvo	Yhteensä
Kuolema	46 300	2 502 500	8 710 000	11 258 800
Pysyvä vamma	21 000	1 470 400	4 808 000	6 299 400
Tilapäinen vamma				
- vakava	21 000	14 100	1 450 000	1 485 100
- lievä	21 000	3 500	250 000	274 500

Tieliikenteen yksikköarvoja on sovellettu käytännöllisyyssyistä myös rautateiden yhteiskuntataloudellisissa tarkasteluissa, vaikkakin talousteorian mukaan onnettomuusriskin arvo voi subjektiivisesti arvotettuna riippua vallitsevasta riskitasosta sekä onnettomuuden luonteesta.

² Tarkkaan ottaen kustannuksista tulisi eristää sellaiset erät, joita vastaan saadaan vakuutuskorvauksia. Nämä kustannukset eivät lankea yhteiskunnan maksettaviksi. Toisaalta niitä kattavat muut vakuutuksenottajat. Riskejä ottavat liikkujat elävät tavallaan riskejä karttavien kustannuksella.

Rautatieliikenteen tilastollinen riskitaso on henkilökilometreissä tarkasteltuna tieliikennettä alhaisempi, mutta samalla katastrofiriskien arvot saattavat poiketa tieliikenneonnettomuuksien riskiarvoista (ks. esim. Jones-Lee & Loomes, 1994; Jones-Lee & Loomes, 1995; Zeckhauser, 1996). Tutkimustulokset ovat kuitenkin ristiriitaisia, eikä riskiarvojen soveltuvuuteen syvennytä tässä yhteydessä enempää.

Henkilövahingon yksikköarvon määrittäminen Suomessa tällä hetkellä ehkä parhaiten inhimillisen hyvinvoinnin menetyksen (riskiarvo) sekä kansantalouden tuotantomenetykset. Materiaalivahinkojen sekä viranomais-, sairaanhoito- ja kuntoutuskustannusten osalta viimeisimmät kustannusinventoinnit ovat jo vanhoja ja kattavuudeltaan puutteellisia.

2.3 Rautatieonnettomuuden kustannukset

Rautatieonnettomuuksien kustannusrakenne ja kustannusten suuruus poikkeavat luonnollisesti tieliikenteestä. Rautatieliikenteelle ei kuitenkaan ole muodostettu virallisia onnettomuus-kustannusten yksikköarvoja. Materiaalikustannuksia kohdistuu välittömästi liikennöitsijään, radanpitäjään sekä mahdolliseen vastaosapuoleen, eli useimmissa tapauksissa autoilijaan. Rautatieonnettomuuksien materiaalikustannusaineistoa ei ole jalostettu hankearvioinnin tarpeisiin. Myöskään viranomaiskustannuksia ei ole selvitetty.

Henkilövahinkojen osalta sairaanhoidon ja kuntoutuksen kustannukset sekä tuotannon menetykset ja tulonsiirrot ovat periaatteelliselta rakenteeltaan samat kuin tieliikenteessä. Henkilövahinkojen vakavuus tosin on erilainen, eli vakavien vammojen ja kuolemien suhteellinen osuus on korkea. Sen vuoksi tuotannon menetykset sekä pysyvät hyvinvoinnin menetykset ovat suurempia.

Rautatieonnettomuudet jakaantuvat karkeasti ottaen onnettomuuksiin omalla liikennemuodolla (suistuminen tai törmäys) ja törmäyksiin muiden liikennemuotojen kanssa. Jälkimmäiset käsittävät joko tasoristeysonnettomuudet tieliikenteen kanssa tai törmäämisen jalankulkijaan ratalinjalla. Onnettomuuden tyypillä on tärkeä merkitys sisäisen ja ulkoisen onnettomuuskustannuksen ja kustannusvastuun määrittämisessä.

Samassa tasossa kohtaavien liikennemuotojen välisiä onnettomuuksia on pohdittu eniten tieliikenteen ja kevyen liikenteen välillä. On syntynyt käsite *suojaamaton tienkäyttäjä* (*unprotected road user*), eli jalankulkija tai polkupyöräilijä. Samalla tavalla voitaisiin kategorisoida myös muita heikompi – vahvempi-suhteessa keskenään samassa tasossa liikkuvia väylän käyttäjiä (mm. henkilöauto – kuorma-auto, mopoilija – henkilöauto jne.). Moottoroidun tieliikenteen ja kevyen liikenteen siirtäminen eri tasoon tai eri väylälle on käytännössä tehokkain keino estää onnettomuuksia. Liikennevälineiden kokoero ei välttämättä riitä ratkaisemaan riskinaiheuttamissuhdetta ja kustannusvastuuta.

Periaatteessa juna on vahvempi osapuoli rautatieonnettomuudessa. On kuitenkin esimerkkejä tilanteista, joissa junan massaa huomattavasti pienempi kohde riittää suistamaan junan raiteilta. Lain mukaan rataa risteävän liikenteen on aina väistettävä junaa. Useimmat tasoristeykset ovat vähintään merkittyjä ja useat varustettu varoituslaittein. Tasoristeykseen tulevalle liikkujalle pitäisi olla varoituslaittein varustetuissa risteyksissä tarjolla selvät signaalit varovaisuuden noudattamiseksi. Lisäksi ratalinjalla liikkuminen muualla kuin merkityillä radanylityspaikoilla on kiellettyä.

Koska tasoristeysonnettomuuksien syyllinen osapuoli on käytännössä aina autoilija, kattaa syyllisen osapuolen liikennevakuutus junan ja infrastruktuurin materiaalivahingot sekä henkilövahingoista aiheutuvat hoitokustannukset ja korvaukset tulonmenetyksistä.³ Suomessa autoilijan taakkaa lieventävä korvausten sovittelu on mahdollista, mikäli esim. näkyvyys ja olosuhteet ovat vaikuttaneet onnettomuuden syntyyn. Viime kädessä päätöksen kustannusten jaosta antaa korkein oikeus.

Miller *et al.* (1994) mukaan USA:ssa vuosina 1989 - 1990 noin 90 % rautatieonnettomuuksien kokonaiskustannuksista aiheutui sekä tavara- että henkilöliikenteessä tasoristeyksissä. Suistumisonnettomuuksien osuus kokonaiskustannuksista oli tavaraliikenteessä 8 % ja henkilöliikenteessä 6 %. Materiaalivahinkojen osuus kokonaiskustannuksista oli selvästi alle 10 %. Saman tutkimuksen mukaan henkilöjunaonnettomuus aiheutti keskimäärin noin kaksi kertaa korkeammat kustannukset kuin tavarajunaonnettomuus henkilövahinkojen lukumäärästä johtuen. Kaksi kolmasosaa henkilövahinkokustannuksista aiheutui alle jääneiden jalankulkijoiden tai autoilijoiden henkilövahingoista.

UIC (1999) viittaa tutkimukseen, jonka mukaan vuosina 1991 – 1997 Saksan rautateillä tapahtuneista tasoristeysonnettomuuksista 97 % oli autoilijoiden aiheuttamia. Kustannusvastuu laskettiin näin ollen tieliikenteelle.

2.4 Sisäinen ja ulkoinen onnettomuuskustannus

Ulkoinen onnettomuuskustannus liittyy käsitteenä tiiviisti liikkumisen määrän mukaan muuttuvaan onnettomuusriskiin sekä riskin aiheuttamisen ja kohdistumisen väliseen suhteeseen. Lisäksi kustannukseen vaikuttavat olosuhteet, nopeus, liikkujien lukumäärä sekä heidän riskikäyttäytymisensä. Ulkoinen kustannus onkin olemukseltaan hieman erilainen erilaisissa liikennetilanteissa, etenkin kun tarkastellaan heterogeenisiä liikennevirtoja.

Liikkujat kohdistavat itseensä ja muihin liikenneväylien käyttäjiin riskejä, joiden realisoitumisesta aiheutuvat kustannukset eivät tule katetuiksi riskinaiheuttajien taholta. Mitä enemmän liikutaan ja mitä 'riskipitoisempaa' liikennekäyttäytyminen on, sitä korkeammat ovat riskikustannukset. Ulkoinen onnettomuuskustannus (riskin lisäys) on toisiin liikkujiin kohdistettua riskiä sekä sen toteumasta aiheutuvia kattamattomia kustannuksia.

Elvik (1994) on määritellyt tieliikenteen ulkoiset onnettomuuskustannukset seuraavasti⁴:

- 1) *System externality* – kustannukset, jotka kohdistuvat yhteiskuntaan yleisesti, eli niitä ei suoraan kata yksittäinen ihminen tai ihmisryhmä.
- 2) *Physical externality* – kustannukset, jotka yksi tienkäyttäjärühmä aiheuttaa toiselle tienkäyttäjärühmälle.

³ Suomessa junaa ei ole juridisesti koskaan todettu syylliseksi tasoristeysonnettomuuteen. Rataverkolla on tasoristeyksiä, joiden turvallinen ylittäminen ei välttämättä ole itsestään selvää varovaisuudesta riippumatta.

⁴ Termeille ei ole vakiintuneita suomennoksia.

- 3) *Traffic volume externality* – lisäkustannus, joka aiheutuu yhden autoilijan tulosta mukaan liikennevirtaan.

Kaikki muut onnettomuuskustannuserät liikkuja sisäistää omaan liikkumispäätökseensä, eli sovittaa käyttäytymisensä riskipreferenssiensä mukaan (mikäli mahdollista). Ulkoinen onnettomuuskustannus ei siis ole identiteetti hankearvioinnissa ja liikenteen yhteiskuntataloudellisessa kustannustarkastelussa sovelletun henkilövahingon yksikköarvon kanssa. Rajakustannushinnoittelussa kyseisen yksikkökustannuksen sisäiset ja ulkoiset kustannuskomponentit eritellään toisistaan ja vain ulkoinen kustannus on hinnoittelurelevanttia.

Riskikategoriat tieliikenteessä on määritelty siten, että autoilijan tullessa liikennevirtaan (European Commission, 1999a):

- 1) Hän altistaa itsensä kyseisen liikennemuodon/-virran keskimääräiselle riskille.
- 2) Samaan aikaan hän vaikuttaa muihin samalla liikennemuodolla (liikennevirrassa) liikkuville kohdistuvaan riskiin joko lisäten, alentaen tai pitäen sen ennallaan.
- 3) Hän vaikuttaa muilla liikennemuodoilla liikkuviin kohdistuvaan riskin, joka voi lisääntyä, alentua tai säilyä ennallaan.

Euroopan Komissio jatkaa todeten:

"The risks for railway users are limited and consequently System and Traffic volume externalities are negligible. Nevertheless, accident externality charges are relevant because the Traffic category externality is significant. Even if the number of car/train accidents increases in proportion to the train traffic volume, the externality may be substantial. Given the relatively large number of non-user fatalities we expect a relatively high external accident cost on railways."

Euroopan Komission kanta on tieteen tavanomaisen esityksen valossa hieman ristiriitainen. Onnettomuuskustannusten tutkimuksessa todetaan liikkujaan itseensä kohdistuvat riskit tiedostetuiksi ja siten sisäisiksi kustannuksiksi. Näin ollen liikkujan omaa riskiarvoa ei tarvitsisi huomioida hinnoittelussa, vaikka onnettomuus tapahtuisi risteävän liikennemuodon kanssa. Lisäksi tasoristeysonnettomuuksissa juridisesti syyllinen osapuoli on useimmiten tieliikenne, jolloin kustannusvastuu kohdentuu tieliikenteelle.

UIC (1999) toteaa, että koska onnettomuusriskit ovat erittäin pieniä, on rationaalinen riskin arvioiminen vaikeaa. Tämän vuoksi henkilökohtainen riskikustannus (hyvinvoinnin menetys yksilötasolla) on käsitelty UIC:n selvityksessä kokonaisuudessaan ulkoisena kustannuksena. Tämä on ristiriidassa onnettomuuskustannusten hinnoittelun teorian kanssa.

Ulkoisen kustannuksen kohdentuminen voidaan ratkaista tarkastelemalla kuinka yhteiskunta ja sen jäsenet suhtautuvat intressiosapuolina onnettomuuteen (Elvik, 1994). Intressiosapuoleksi määritellään kuka tahansa yksilö, organisaatio tai julkinen instituutio, johon onnettomuuden kustannukset kohdistuvat. Näitä osapuolia ovat

- 1) väylän käyttäjät,
- 2) väylän käyttäjien omaiset ja ystävät,

- 3) yksityiset kolmannet osapuolet sekä
- 4) julkinen sektori.

Onnettomuuden osalliset, sekä syylliset että syyttömät, kuuluvat ensimmäiseen luokkaan. Väylän käyttäjiin ja heidän lähiomaisiinsa kohdistuu kahdenlaisia kustannuksia, aineellinen ja aineeton hyvinvointi. Aineelliseen hyvinvointiin kuuluvat materiaalivahingot sekä tulonmenetykset. Aineettomaan hyvinvointiin kuuluu loukkaantumisten sekä kuolemantapausten aiheuttamana elämän laadun fyysinen, henkinen ja sosiaalinen heikentyminen. Yleensä arvon määrittämisen kohteena on yksinomaan henkilökohtainen elämän laatu (Jones-Lee, 1992; Schwab Christie & Soguel, 1996). Lähimmäisiä kohtaan tunnettua altruismia ei useimpien tutkijoiden mielestä tule huomioida arvottamisessa kahdenkertaisen laskennan vuoksi. Tästä syystä tämän raportin osalta omaisten ja ystävien tappioita ei huomioida.⁵

Kolmannet yksityiset osapuolet ovat kuluttajia, jotka maksavat onnettomuuden kustannuksista markkinoilla vakuutusten vuoksi korkeampina hyödykkeiden ja palvelujen hintoina. Yhteiskunta koostuu kansalaisista veronmaksajina, jotka kattavat onnettomuuskustannuksia yhteisistä varoista (lähinnä viranomais-, sairaanhoito- ja kuntoutuskustannuksina, tulonsiirtoina sekä menetettynä kansantalouden tuotoksena).

Taulukko 2.2 havainnollistaa muille osapuolille aiheutettujen kustannusten jakoa sisäisiin ja ulkoisiin eriin. Väylän käyttäjien omaiset ja ystävät on jätetty tarkastelusta pois.

Taulukko 2.2. Henkilövahinkojen sisäiset ja ulkoiset kustannukset (Elvik, 1994).

Kustannuserä	Väylän käyttäjät	Yksityiset kolmannet osapuolet	Julkinen sektori
Menetetty elämän laatu	<i>Ulkoinen</i>		
Matka-ajan menetykset		<i>Ulkoinen</i>	
Sairaanhoito	<i>Ulkoinen</i>	<i>Ulkoinen</i>	<i>Ulkoinen</i>
Menetetty tuotanto	Sisäinen	<i>Ulkoinen</i>	<i>Ulkoinen</i>
Omaisuuksivahingot	Sisäinen	<i>Ulkoinen</i>	<i>Ulkoinen</i>
Hallinnolliset kustannukset	Sisäinen	<i>Ulkoinen</i>	<i>Ulkoinen</i>

Ottaen huomioon edellä esitetyt teoriat sekä hieman ristiriitaiset lähestymistavat, sisäisten ja ulkoisten onnettomuuskustannuksen määritelmät sekä kustannusten laskenta- ja kohdentamistavat kaipaavat edelleen kehittämistä. Lisäksi vakuutusjärjestelmien kautta maksettavien korvausten merkitystä olisi pohdittava. Suomalaisen lainsäädännön omaksuma ankara vastuu kattaa vakuutusjärjestelmän kautta merkittävän osan onnettomuuksien yhteiskunnalle koituvista kustannuksista sekä yksityisistä ansionmenetyksistä ja kivusta ja särystä. Suomalainen järjestelmä poikkeaaakin kattavuudessaan eurooppalaisista malleista. Tästä syystä teoreettiset tarkastelut lähtevät alhaisemman kustannusvastuun pohjalta.

⁵ Uhrien omaiset tosin saavat Suomessa liikennöitsijän vastuuvakuutusten sekä tieliikennevakuutuksen kautta korvauksia tulonmenetyksistä.

3 ONNETTOMUUSKUSTANNUSTEN LASKENTAMALLEJA

3.1 Ruotsalainen malli

Ruotsissa Hansson (1997) on muodostanut mallin, joka jakaa rautatieonnettomuuksien henkilövahinkokustannukset sisäisiin ja ulkoiisiin eriin.⁶ Rautatieliikenteen kustannusvastuun periaatejako ja suuruus riippuvat pitkälle siitä kuinka riskiarvoja (inhimillisen hyvinvoinnin menetyksiä) käsitellään tasoristeysonnettomuuksien sekä muualla ratalinjalla tapahtuvien onnettomuuksien osalta (Taulukko 3.1).

Tarkastelu kattaa kaikki ratalinjalla tapahtuneet onnettomuudet. Välittömät materiaalikustannukset (infrastruktuurin ja ajoneuvojen vauriot) katetaan ensisijaisesti syyllisen osapuolen vakuutuksista.

Matkustajana ja työntekijänä junaonnettomuudessa kuolleen tai loukkaantuneen ulkoinen kustannus käsitellään ilman riskiarvoa (yksilön aineettoman hyvinvoinnin menetystä). Tämä vastaa ulkoisen kustannuksen teoriaa, eli matkustamispäätös tai valinta tehdä töitä rautateillä sisäistää henkilökohtaisen riskiarvon. Ulkoisina kustannuksina käsitellään näin ollen tuotannon menetystä sekä sairaanhoito- ja viranomaiskustannuksia.

Tasoristeyksessä tapahtuvaa henkilövahinkoa käsitellään kategorioissa a) varoituslaittein varusteltu tai b) ilman varoituslaitetta oleva tasoristeys.⁷ Varoituslaittein varustetussa tasoristeyksessä tapahtuneen onnettomuuden henkilövahingoissa riskikustannus on kuolleelle ja loukkaantuneelle sisäistä. Sen sijaan ilman varoituslaitteita olevan tasoristeyksen tapauksessa henkilövahingon yksikkökustannus luetaan kokonaan ulkoiseksi. Ulkoinen kustannus allokoidaan rautateiden ja tieliikenteen kesken tasan. Tieteellistä perustetta jaolle ei ole esitetty. On mahdollista, että koska tasoristeysonnettomuuden riskejä ei kyetä kaikissa tilanteissa ratkaisemaan, jaetaan se käytännöllisyyssyistä tasan. Onnettomuus on joka tapauksessa seurausta kahdella liikennemuodolla tapahtuvasta liikenteestä.

Asema-alueella junan alle jääneet henkilöt lasketaan rautatieliikenteen vastuulle, vaikkakin useissa tapauksissa junan alle jääminen johtuu kiskojen ylittämistä omin luvun. Muualla ratalinjalla kuolleet on myös laskettu rautateiden vastuulle, vaikka menettelyä kritisoidaankin, koska ratalinjalla liikkuminen on laissa kielletty. *Muu tapaturma* -kategoriaan kuuluvien henkilövahinkojen ulkoiset kustannukset käsitellään ilman omaisuusvahinkoja.

⁶ Eri maissa käytetyt taloudellisten menetysten yksikkökustannukset eivät välttämättä ole summina vertailukelpoisia kattavuudeltaan erilaisten inventointien vuoksi.

⁷ Onnettomuuksien tilastollisessa ennustamisessa onnettomuusriskejä käsitellään myös kahdessa kategoriassa: vakioriskillä turvalaittein varustetussa tasoristeyksessä ja junaliikenteen määrän mukaan muuttuvalla riskillä ilman turvalaitetta olevassa tasoristeyksessä.

Taulukko 3.1. Rautatieliikenteen ulkoiset onnettomuuskustannukset Ruotsissa vuonna 1995 (Hansson, 1997).

Onnettomuustyyppi	Lkm	Ulkoinen kustannus/ henkilövahinko (MSEK)	Ulkoinen kustannus yhteensä (MSEK)
Matkustaja/työntekijä*/**			
- kuollut	2	0,948	1,896
- vakavasti loukkaantunut	3	0,533	1,599
- lievästi loukkaantunut	6	0,031	0,186
Tasoristeysonnettomuus			
<i>Varoituslaittein varustettu **/**</i>			
- kuollut	5	1,200 * 50 %	3,000
- vakavasti loukkaantunut	6	0,600 * 50 %	1,800
- lievästi loukkaantunut	12	0,060 * 50 %	0,360
<i>Risteys ilman varoituslaitetta****</i>			
- kuollut	3	14,200 * 50 %	21,300
- vakavasti loukkaantunut	0	2,600 * 50 %	0
- lievästi loukkaantunut	0	0,150 * 50 %	0
Muu tapaturma			
<i>Asema-alue**</i>			
- kuollut	1	13,948	13,948
- vakavasti loukkaantunut	0	2,533	0
- lievästi loukkaantunut	0	0,121	0
<i>Muu ratalinja**</i>			
- kuollut	7	13,948	97,636
- vakavasti loukkaantunut	1	2,533	2,533
- lievästi loukkaantunut	2	0,121	0,242
Kustannusvastuu			144,5

* Ilman riskiarvoa.

** Ilman omaisuusvahinkoja.

*** Riskiarvon oletetaan olevan vakio homogeeniselle tie- ja junaliikenteen lisääntymiselle.

**** Riskiarvon oletetaan muuttuvan junaliikenteen määrän suhteessa.

3.2 Norjalainen malli

Norjassa Hagenin (1997) määrittelemä rautatieliikenteen onnettomuuskustannusten luokittelu on esitetty Taulukossa 3.2. Keskimääräiset toteutuneet kustannukset vahinkoluokkaa kohti ovat vastaavasti Taulukossa 3.3. Kustannusten seuranta kattaa omaisuusvauriot ja henkilövahingot, kukin kategorisoituna vaurio- ja vahinkoasteen mukaan. Henkilövahingon yksikköarvo kattaa viranomais- ja hälytyskustannukset, sairaanhoidon kustannukset, tuotannon menetykset sekä hyvinvointitappiot.

Taulukko 3.2. Rautatieonnettomuuden kustannuslajit Norjassa (Hagen, 1997).

Kustannuslaji	Vahingon aste
Henkilövahinko	- lievä loukkaantuminen - vakava loukkaantuminen - kuolema
Kalustovaurio (vaunu/veturi)	- lievä vaurio - merkittävä vaurio
Väyläomaisuuteen kohdistuva vaurio	- vaihteistovaurio - raidevaurio - vaunuja kiskoilta
Epäsuorat kustannukset	- henkilöjunan aikakustannus (myöhästymisen) - tavarajunan aikakustannus (myöhästymisen) - linja-auton/taksin aikakustannus (myöhästymisen) - ajoneuvovauriot tasoristeysonnettomuudessa

Taulukko 3.3. Keskimääräinen onnettomuuskustannus onnettomuus- ja vahinkotyypeittäin Norjassa, milj. NOK vuoden 1995 hinnoin (Hagen, 1997).

Onnettomuustyyppi	Vahinkotyyppi		
	Kuollut*	Henkilövahinko	Materiaalivaurio
Yhteentörmäys		8,40	
Suistuminen		3,03	0,44
Tasoristeysonnettomuus	16,06	2,15	0,21
Tulipalo			0,06
Muu onnettomuus	16,02	1,35	0,25

* Mukaan lukien materiaalivahingot.

Ulkoisten kustannusten määrittelyssä seurataan seuraavia periaatteita:

- Ulkoisiin henkilövahinkokustannuksiin luetaan kaikki kolmanteen osapuoleen kohdistuvat henkilövahingot, eli henkilöt jotka kuolevat tai loukkaantuvat törmätessään junaan laituralueen ulkopuolella tai tasoristeyksessä, mutta eivät ole matkustajia tai töissä rautateillä.
- Rautateillä työskentelevien ja matkustajien henkilövahinkokustannuksista suurin osa on sisäisiä. Ulkoisia kustannuksia ovat ne kustannuserät, jotka kohdistuvat uhrin omaisiin, yksityisiin kolmansiin osapuoliin sekä julkiseen sektoriin (lähinnä sairaanhoitokulut sekä menetetty nettotuotanto).
- Kaikki materiaalikustannukset luetaan sisäisiksi kustannuksiksi, lukuun ottamatta tasoristeysonnettomuuden ajoneuvokustannuksia.
- Onnettomuuden aiheuttamista viivästyskustannuksista 20 % lasketaan ulkoisiksi kustannuksiksi.

Taulukko 3.4 esittää ulkoisten onnettomuuskustannusten arvot onnettomuustyypeittäin ja vahingon vakavuuden mukaan. Merkittävimmät ulkoiset kustannukset syntyvät henkilövahingosta, etenkin kuolemantapauksesta kolmansiin osapuoliin kohdistuessa. Materiaalivaurioidenkin osalta on norjalaisen mallin mukaan olemassa ulkoisia kustannuksia.

Taulukko 3.4. Keskimääräinen ulkoinen onnettomuuskustannus onnettomuusluokittain, milj. NOK vuoden 1995 hinnoin (Hagen, 1997).

Onnettomuustyyppi	Vahingon aste		
	Kuollut*	Henkilövahinko	Materiaalivaurio
Yhteentörmäys		0,68	
Suistuminen		1,11	0,016
Tasoristeysonnettomuus	16,03	2,03	0,020
Tulipalo			0,003
Muu onnettomuus	8,15	0,74	0,016

* Mukaan lukien materiaalivahingot.

Taulukon 3.4 kustannukset on laskettu keskiarvona kahden vuoden aikana tapahtuneille onnettomuuksille. Näin ollen lukujen edustavuus ei ole yksiselitteinen. Rautatieonnettomuuksien alhaisesta lukumäärästä ja vaihtelevasta vahinkoprofiilista johtuen onnettomuustyyppikohtaisia yksikkökustannuksia on vaikea määritellä.

Taulukkoon 3.5 on laskettu ulkoisen kustannuksen suhteellinen osuus onnettomuuden kokonaiskustannuksista. Henkilövahingon kustannukset ovat likipitään kokonaan ulkoisia tasoristeysonnettomuuden tapauksessa. Ulkoisen kustannuksen osuus on merkittävä myös suistumisen ja muun onnettomuuden osalta. Materiaalikustannusten osalta ulkoisen kustannuksen osuus on muutamia prosentteja kokonaiskustannuksesta.

Taulukko 3.5. Ulkoisen kustannuksen osuus (%) onnettomuuden kokonaiskustannuksesta onnettomuusluokittain vakavuusasteen mukaan (Hagen, 1997).

Onnettomuustyyppi	Vahingon aste		
	Kuollut*	Henkilövahinko	Materiaalivaurio
Yhteentörmäys		8,15	
Suistuminen		36,57	3,54
Tasoristeysonnettomuus	99,80	94,49	9,56
Tulipalo			3,94
Muu onnettomuus	50,87	54,98	6,17

* Mukaan lukien materiaalivahingot.

3.3 Yhteenveto Ruotsin ja Norjan malleista

Ruotsalaisen ja norjalaisen mallin ominaisuudet kootaan seuraavaksi yhteen. Niitä käytetään hyväksi luvussa 5 muodostettaessa suomalaisen mallin ehdotus. Kumpaakaan mallia ei välttämättä voida todeta teoreettisesti puhtaan oikeaoppiseksi, koska rautateiden onnettomuuskustannusten teoria on vielä vakiintumaton. Molempiin malleihin on sisällytetty hieman toisistaan poikkeavia tulkintoja ulkoisen kustannuksen eri elementeistä.

Ruotsin malli

Ruotsin mallin peruseriaatteet ovat:

- Malli määrittelee yksikkökustannukset kategoriselta pohjalta.
- Matkustajien ja rautatiehenkilökunnan henkilövahinkojen osalta ulkoinen kustannus käsittää yhteiskuntaan kohdistuvat kustannukset, ei uhrin henkilökohtaista hyvinvointia.
- Henkilövahingot on luokiteltu tapahtumapaikan mukaan kolmeen vakavuusasteeseen.
- Tasoristeysonnettomuudet jaetaan edelleen kahteen luokkaan, varusteltu – ei varusteltu tasoristeys, jossa edellisen osalta suurin osa henkilövahingon kustannuksista on sisäistä mutta jälkimmäisessä kokonaan ulkoista.
- Tasoristeysonnettomuuden ulkoisten kustannusten kohdentaminen tapahtuu tasajaolla rautateiden ja tieliikenteen kesken.
- Muut tapaturmat (asema-alue tai muu ratalinja) otetaan huomioon henkilövahinkojen osalta, vaikkakin radoilla liikkuminen pitäisi olla yksiselitteisesti kiellettyä.

Ruotsin mallin eduiksi voidaan lukea seuraavat seikat:

- Se kategorisoi onnettomuustyyppit sisäisine ja ulkoisine kustannuksineen selkeästi henkilövahingon osalta.
- Se erottelee tasoristeykset varustetason (eli riskitason) mukaan. Tämä periaate noudattaa riskitarkastelua sekä synnyttää taloudellisen kannustimen kustannusrasitteen poistamiseksi sieltä, missä kustannuksia aiheutuu.

Norjan malli

Norjan mallin peruseriaatteet ovat:

- Malli määrittelee onnettomuustyyppit ja yksikkökustannukset tilastollisen toteuman pohjalta.
- Malli huomioi sekä henkilövahingon että materiaalivaurioiden kustannukset; junakalusto sekä henkilöautot tasoristeysonnettomuuksissa.
- Malli huomioi onnettomuuksista aiheutuneiden myöhästymisten kustannukset.
- Matkustajien ja rautatiehenkilökunnan henkilövahinkojen osalta ulkoinen kustannus kattaa vain yhteiskuntaan kohdistuvat kustannukset, ei uhrin henkilökohtaista hyvinvointia.
- Malli ottaa huomioon myös muualla ratalinjalla tapahtuneet henkilövahingot.

Norjan mallin eduiksi voidaan lukea seuraavat seikat:

- Se toteuttaa sisäisen ja ulkoisen kustannuksen perusjakoa oikeaoppisesti.
- Se huomioi henkilövahingon lisäksi aikakustannukset (teorian mukaan oikea tapa).

Norjan mallin puutteiksi voidaan lukea että tilastototeumaan perustuva kustannusten määrittely jättää aukkoja 'yksikköhinta-listaan', ja että se ei huomioi riskitasojen eroja tasoristeyksissä kuten Ruotsi.

3.4 Muita malleja

UIC (1999) käsittelee ulkoista onnettomuuskustannusta yhteiskunnallisen kokonaiskustannuksen mukaisesti. Matkustajien osalta henkilökustannuksen yksikköarvosta vähennetään vain vakuutusjärjestelmän maksamat henkilökohtaiset korvaukset. Muutoin ulkoisen kustannuksen käsitetään sisältävän kaikki kokonaiskustannuksen elementit. UIC:n mukaan onnettomuusriskit ovat liian pieniä, jotta rationaaliset valinnat olisivat mahdollisia, ja tämän vuoksi myös riskiarvo luetaan ulkoiseksi kustannukseksi. Tällä väitteelle ei esitetä tieteellistä perustelua. Kuitenkin työntekijöiden henkilövahinkojen osalta UIC toteaa riskiarvojen olevan sisäisiä kustannuksia. Vakiintumattomien rautatieliikenteen riskimallien vuoksi UIC (1999) jättää rautatieonnettomuuksien rajakustannukset kokonaan tarkastelematta.

Määritelmällinen ero onnettomuuskustannuksen, sekä sisäisen että ulkoisen kustannuksen, käsittelyssä on se, ettei kustannusta lasketa tilanteesta riippuvien onnettomuuteen (onnettomuusriskiin) vaikuttavien tekijöiden pohjalta oikeaoppisena rajakustannuksena. Sen sijaan yksinkertaisuuden vuoksi esimerkiksi aiempina vuosina toteutuneet onnettomuuskustannukset jaetaan liikennemuodon suoritteella. Tuloksena syntyy keskimääräinen onnettomuuskustannus per suoriteyksikkö, ei määritelmän mukainen rajakustannus. Tällaiset kompromissit ovat yleisiä, näin on toimittu esimerkiksi määritettäessä Suomen ratamaksua.

4 TURVALLISUUS SUOMEN RAUTATEILLÄ

4.1 Onnettomuuksien tilastointi

Rautatieonnettomuudeksi tilastoidaan onnettomuus, jossa rautatiekalusto on ollut liikkeessä ja joissa ihmisiä on saanut surmansa tai vakavasti loukkaantunut, tai joissa syntyneiden vahinkojen arvo on yli € 10 000 (noin 60 000 mk). Kaikki tasoristeysonnettomuudet tilastoidaan (Taulukko 4.1). Vaarallisten aineiden kuljetuksissa onnettomuuksia ja vakavampia vaaratilanteita tapahtuu harvoin. Törmäysten ja radalta suistumisten syyt selvitetään ja tilastoidaan, samoin kuin liikkuvan kaluston tulipalot.

Henkilövahingot tilastoidaan matkustajien, rautatiealueella matkustusaikeissa olevien, rautatiehenkilöstön sekä muiden virantoimituksessa olevien henkilöiden sekä saattajien osalta. Rataonnettomuudessa kuolleeksi tilastoidaan henkilö, joka saa surmansa onnettomuuspaikalla tai 30 vuorokauden kuluessa onnettomuudesta. Itsemurhia ei tilastoida. Vakavasti loukkaantunut on henkilö, joka on ollut onnettomuuden seurauksena työkyvytön yli 14 vrk.

Taulukko 4.1. Rautatieonnettomuuksissa tapahtuneet henkilövahingot (VR, 2000).

Kategoria	Kuolleet				Vakavasti loukkaantuneet			
	1996	1997	1998	1999	1996	1997	1998	1999
Matkustajat								
- junaonnettomuus	3		9		3		9	
- muu tapaturma		1	1	1		2		6
Henkilökunta								
- junaonnettomuus	1		1					
- muu työtapaturma		1				5	1	4
Muut henkilöt								
- tasoristeys	5	13	11	10	3	6	2	4
- muualla	3	6	2	5	3	3	2	2
Yhteensä	12	21	24	16	9	16	14	16

4.2 Rataverkon turvallisuus

Tasoristeysonnettomuuksien tehokkain estämiskeino on risteävän yhteyden poistaminen tai rakentaminen eri tasoon. Onnettomuuksia ehkäistään myös nopeusrajoituksin. Tasoristeyskiä varustetaan erilaisin varoituslaittein sekä risteysmerkein (Taulukko 4.2). Osa risteysmerkein varustetuista tasoristeyskiistä on varustettu pakollinen pysähtyminen -merkillä. Rataverkolla on lisäksi noin 1 100 tasoristeystä, joissa ei ole lainkaan risteysmerkkejä. Valtaosa näistä liittyy maanviljelykseen, eli risteys ei ole varsinaisen tien kohdalla. Tyypillisiä ovat myös satama- ja teollisuusalueet, joissa kiskojen yli kuljetaan eri paikoista.

Luvaton ratalinjalla liikkuminen on lailla kielletty. Koska ratalinjaa ei ole rajattu estein, on luvaton liikkuminen mahdotonta estää. Radan yli oikaiseminen luvattomista paikoista, onkin vakiintunut kevyen liikenteen ongelma. Ratalinjaa ei saa ylittää merkitsemättömistä paikoista myöskään asema- ja laiturialueilla. Kiellot eivät tässäkään tapauksessa estä riskinottoa.

Taulukko 4.2. Tasoristeysten lukumäärä ja varoituslaitteisto Suomen rataverkolla (VR, 1998 sekä Ratahallintokeskus 1998a).

Verkon osa	Lkm
Koko verkolla yhteensä (ml. teollisuusraiteet)	5 283
- Kokopuomit	3
- Puolipuomit	820
- Valo- ja (tai) äänivaroituslaitteet	140
- Risteysmerkit*	3 225
- Ilman risteysmerkkejä	1 095
Tärkeimmillä pääradoilla yhteensä	527
- Varoituslaittein	204
- Ilman varoituslaitetta	323

* Varustettu usein sekä risteysmerkillä että pysähtymismerkillä.

Tasoristeysten lukumäärä on vähentynyt 1970-luvun lähes 8 000 tasoristeyksestä alle 5 000:een. Samaan aikaan puomilaitteiden määrä on moninkertaistunut. Tasoristeyskiä on vähennetty muutamia kymmeniä vuodessa. Tasoristeysjonnettomuuksien lukumäärä on vähentynyt 1970-luvun lopun noin 170 onnettomuudesta alle 50 onnettomuuteen vuodessa. Vain murto-osassa tapahtuu henkilövahinkoja. (Ratahallintokeskus, 1999a)

Vuonna 2000 Ratahallintokeskus on inventoinut pilottihankkeena erään rataosuuden pieniä pelto- ja yksityisteiden tasoristeyskiä etsien keinoja parantaa turvallisuutta. Painoa on annettu riskikohteiden vähentämiseksi lukumääräisesti, näkyvyyden parantamiselle ja turvallisen ylityksajan takaamiselle eri kokoisille ajoneuvoille ja ajoneuvoyhdistelmille. Uusia varoituslaitteita sekä menettelyjä on kehitetty. Keskeinen toimenpide turvallisuuden parantamiseksi on näkyvyyden parantaminen kasvustoa raivaamalla.

Rataverkon automaattista kulunvalvontajärjestelmää on rakennettu ripeää tahtia ensisijaisesti nopean henkilöliikenteen rataosuksille. Kulunvalvonta varmistaa kullakin hetkellä sallitun suurimman junanopeuden sekä junan kulkuun vaikuttavien opasteiden ja merkkien noudattamisen. Jos juna ylittää sallitun nopeuden, laitteisto jarruttaa automaattisesti.

Vuoden 1999 lopussa automaattinen kulunvalvonta kattoi 1 180 ratakilometriä. Lisäksi pistemäinen ratapihan valvontajärjestelmä valvoo junan tuloa ratapihalle muutamilla paikkakunnilla. Tavoitteena on varustaa tärkeimmät pääradat kulunvalvonnalla vuoden 2001 ja koko liikenneverkko vuoden 2005 loppuun mennessä (Ratahallintokeskus, 1999b).

Vaarallisten aineiden kuljetuksissa noudatetaan kansainvälisiä säännöksiä, joilla vähennetään kuljetusten onnettomuusriskiä ja vahingon syntymistä onnettomuustilanteissa. Vaunuja ja kalustoa koskevat määräykset edellyttävät mm. turvavaunujen käyttämistä vaarallisia aineita sisältävien vaunujen välillä. Onnettomuusriski liittyy lähinnä ratapihoilla ja liikennepaikoilla tehtäviin vaununvaihtotöihin. Yleinen rautatieliikenteen turvallisuuden parantaminen pienentää myös ympäristöön kohdistuvia riskejä. (Ratahallintokeskus, 2000)

5 ONNETTOMUUSKUSTANNUSMALLIEN SOVELTAMINEN SUOMEEN

5.1 Kustannusjaon periaatekehikko

Rautatieonnettomuuden sisäisten ja ulkoisten kustannusten määrittelyssä sekä kustannusten jaossa on sovellettu sekä Ruotsin ja Norjan mallien esimerkkiä, että onnettomuuskustannusten teoriaa. Lopputulos on siten synteesi olemassa olevista sovelluksista ja teoriasta. Malli tarkastelee keskeisimmin henkilövahinko-onnettomuuksia, mutta huomioi myös kalustovauriot sekä onnettomuudet vaarallisten aineiden kuljetuksissa. Kustannusten jaon ohella pohditaan kustannuksen oikeudenmukaista kohdentamista. Koska teoria on osittain kehitymätön ja olemassa olevat tarkastelutavat toisistaan poikkeavia, on joitain 'harmaita alueita' ratkaistu itse päätellen. Suomeen ehdotettava periaatekehikko on koottu Taulukkoon 5.1.

Ruotsin mallista on adoptoitu tasoristeysonnettomuuksien riskitason mukaan eriytetty käsittely. Norjan mallista on adoptoitu viivästyskustannusten huomiointi. Osittain omaa tulkintaa suomalaisessa mallissa sen sijaan edustaa onnettomuustyyppitainen sisäisten ja ulkoisten kustannuselementtien jako. Lisäksi suositellaan pelkkiin kalustovahinkoihin johtavien onnettomuuksien sekä vaarallisten aineiden onnettomuuksien viranomais- ja hälytyskustannusten mukaan ottamista.

Henkilövahinkojen osalta hyvinvointitappioiden (riskiarvon) luokittelussa johtajatuksena on riskin tiedostaminen ja sisäistyminen joko osana matkustamista tai työntekoa. Edelleen oletetaan, että varoituslaittein varustetussa tasoristeyksessä ja muualla ratalinjalla tapahtuvassa onnettomuudessa hyvinvointitappio sisäistyy, koska uhri on ottanut tietoisesti riskin. Tilanne on erilainen vartioimattomissa tai merkitsemättömissä tasoristeyksissä, etenkin jos olosuhteet eivät salli riskitöntä radan ylittämistä. Näissä tapauksissa suositellaan riskiarvon lukemista ulkoiseksi kustannukseksi.

Laiturialueella tai liikkuvassa junassa tapahtuvat kaatumis- ja putoamisonnettomuudet aiheutuvat matkustajille, matkustusaikeissa oleville tai saattajille. Matkustajien osalta liikkumisen riskit on periaatteessa sisäistetty, mutta on pohdittava minkälaisissa tilanteissa vahingon riski on jäänyt liian suureksi väylänpitäjän tai liikennöitsijän taholta.⁸

Muuhun yhteiskuntaan kohdistuvat ulkoiset kustannukset ovat läsnä viranomais-, hälytys- ja viivästyskustannusten sekä tuotannon menetysten osalta kaikissa onnettomuustyypeissä. Kaikissa tilanteissa niitä ei kuitenkaan voida kohdistaa rautatieliikenteelle. Näin on silloin kun tieliikenneosapuoli on syyllinen tasoristeysonnettomuuteen ja silloin kun jalankulkija tai pyöräilijä jää junan alle kielletyllä ratalinjalla. Jälkimmäisessä tapauksessa kustannusvastuuta on mahdotonta määrittää, koska kevyen liikenteen kategorista käsittelyä ei ole olemassa.

Sairaanhoidon ja kuntoutuksen kustannukset katetaan Suomessa ankaraan kustannusvastuuseen perustuvien liikenne- ja vastuuvakuutusjärjestelmien kautta. Näin ollen ne ovat

⁸ Esimerkiksi, jos liikkuvan junan oven saa auki tai laiturialue on liukas.

sisäisiä kustannuksia. Lisäksi vakuutusjärjestelmä korvaa ansionmenetyksiä sekä maksaa korvauksia kivusta ja särystä. Näin ollen niitä ei ole syytä periä väylämaksuissa.

Taulukko 5.1. Rautatieonnettomuuden sisäiset ja ulkoiset kustannuserät tekijän ehdotuksen mukaan.

Onnettomuustyyppi	Sisäinen kustannus	Ulkoinen kustannus	Ulkoisen kustannuksen kustannusvastuu
Matkustaja/työntekijä	- henkilökohtainen riskiarvo - sairaanhoito, kuntoutus, tulonsiirrot	- viranomais- ja hälytyskustannukset - tuotannon menetykset - muulle liikenteelle aiheutettu viivästys	- rautatieliikenne (ellei onnettomuuden aiheuttaja ole muu liikennemuoto)
Tasoristeys, henkilövahinko <i>- Varoituslaittein varustettu</i> <i>- Ilman varoituslaitetta, merkitty</i> <i>- Ilman varoituslaitetta, merkitemätön</i>	- henkilökohtainen riskiarvo - henkilökohtainen riskiarvo, mikäli radan ylitysmahdollisuus on riskitön - henkilökohtainen riskiarvo, mikäli radan ylitysmahdollisuus on riskitön Kaikissa tapauksissa - sairaanhoito, kuntoutus, tulonsiirrot	- henkilökohtainen riskiarvo, mikäli radan ylitysmahdollisuus ei ole riskitön - henkilökohtainen riskiarvo, mikäli radan ylitysmahdollisuus ei ole riskitön Kaikissa tapauksissa - viranomais- ja hälytyskustannukset - tuotannon menetykset - muulle liikenteelle aiheutettu viivästys	- tieliikenne, mikäli autoilija on ottanut riskin (on varoituslaite) - rautatieliikenne ja tieliikenne yhdessä, mikäli radan ylitys ei riskitön (ei varoituslaitetta)
Muu henkilövahinko <i>- Kaatuminen/putoaminen laiturialueella/liikkavassa jumassa</i> <i>- Ratalinjan ylitys kielletystä paikasta (asema-alueella tai muualla rataverkolla)</i>	- sairaanhoito, kuntoutus, tulonsiirrot - henkilökohtainen riskiarvo	- henkilökohtainen riskiarvo Kaikissa tapauksissa - viranomaiskustannukset - tuotannon menetykset - muulle liikenteelle aiheutettu viivästys	- rautatieliikenne - määrittelemätön
Kalusto-/ratavaurio (ilman henkilövahinkoja) Vaarallisten aineiden kuljetus	- tieliikenneosuuden, radanpitäjän sekä liikennöitsijän materiaali-auriot - radanpitäjän sekä liikennöitsijän materiaali-auriot	- viranomais- ja hälytyskustannukset - muulle liikenteelle aiheutettu viivästys - ympäristövahingot - viranomais- ja hälytyskustannukset - muulle liikenteelle aiheutettu viivästys	- rautatieliikenne - rautatieliikenne

5.2 Kustannusjako onnettomuustyypeittäin

Taulukko 5.2 esittää henkilövahingon ulkoiset yksikkökustannukset onnettomuustyypeittäin niiltä osin kuin ne tulee kohdistaa rautatieliikenteelle. Arvot ovat peräisin Taulukosta 2.1, ja kustannuserien periaatteellinen jako Taulukosta 5.1. On muistettava, että yksikköarvot on määritetty yhteiskuntataloudellisesta näkökulmasta, ja etteivät ne ole kattavuudeltaan täydellisiä. Onnettomuuksien rajakustannukset saadaan määritettyä soveltaen näitä yksikköarvoja rataonnettomuuksien riskimalleissa. Viivästyskustannuksille ei ole olemassa arvoja. Näin ollen niitä suositellaan selvitetävän jatkossa. Seuraavaksi kustannusten jaon perusteet käydään läpi tarkemmin.

Taulukko 5.2. Henkilövahingon ulkoinen yksikkökustannus eri onnettomuustyypeissä, mk.

Onnettomuustyyppi	Tilapäinen lievä vamma	Tilapäinen vakava vamma	Pysyvä vamma	Kuolema
Matkustaja/työntekijä	24 500	35 100	1 491 400	2 548 800
Tasoristeysonnettomuus				
- varoituslaittein varustettu*	-	-	-	-
- ilman varoituslaitetta, merkitty tai ilman merkkiä	274 500 (väh. vakuutus- korvaukset)***	1 485 100 (väh. vakuutus- korvaukset)***	4 808 000 (väh. vakuutus- korvaukset)***	11 258 800 (täysimää- räisenä) ****
Muu henkilövahinko				
- laiturialue/liikkuva juna	275 500 (väh. vakuutus- korvaukset)***	1 485 100 (väh. vakuutus- korvaukset)***	4 808 800 (väh. vakuutus- korvaukset)***	11 258 800 (täysimää- räisenä) ****
- muu ratalinja**	-	-	-	-

* Kustannusvastuu tieliikenneosapuolella.

** Kustannusvastuu määrittelemätön, mutta ei rautatieliikenteen.

*** Vakuutuskorvaukset ansionmenetyksistä sekä kivusta ja särystä. Vähennetään loukkaantumisen riskiarvosta.

**** Kuoleman riskiarvosta ei vähennetä vakuutuskorvauksia, koska kuollut ei ota niitä vastaan.

Junan matkustaja/rautatietyöntekijä

Junan matkustajien ja rautatiehenkilökunnan henkilövahingot lasketaan *riskiarvon* osalta sisäisiksi kustannuksiksi, koska teorian mukaan matkustamispäätös tai valinta tehdä töitä rautateillä sisäistää toimintaan liittyvät riskit. Sen sijaan rautatieonnettomuuksissa heidän osalta koituvat *välittömät taloudelliset kustannukset* sekä *tuotannon menetys* ovat yhteiskuntaan kohdistuvia ulkoisia kustannuksia.

Suomessa liikenne- ja vastuuvakuutuksissa sovellettu ankaran vastuun korvausvelvoite kattaa suurimmalta osin henkilövahingoista terveydenhoitojärjestelmälle aiheutuneet kustannukset sekä kuntoutuksen ja uudelleen koulutuksen kustannukset. Näin ollen nämä kustannukset on sisäistetty vakuutusjärjestelmän kautta. Tästä huolimatta suositellaan, että esitetty kustannus-

erä *välitön taloudellinen kustannus* luetaan henkilövahingon osalta ulkoiseksi kustannukseksi, edustaen vakuutusjärjestelmän kattamattomia viranomaiskustannuksia (mm. hälytys ja pelastustoimi sekä onnettomuuden tutkinta).

Mikäli onnettomuuden syy on yksiselitteisesti liikennöinnistä tai radanpidosta johtuva, kuuluu kustannusvastuu rautateille.

Tasoristeysonnettomuus

Tasoristeysonnettomuuksien tarkastelu suositellaan kategorisoitavaksi tasoristeyksen varoituslaitteiston mukaan. Näin tehdään selkeä ero onnettomuuden aiheuttamisen ja vallitsevan riskitason suhteen.

Mikäli tasoristeys on varustettu varoituslaittein, ajatellaan tieliikenneosapuolen ottaneen tietoisien riskien tai aiheuttaneen onnettomuuden. Näin ollen tieliikenneosapuolen henkilövahingot lasketaan sisäisiksi kustannuksiksi *riskiarvon* osalta. *Välttömät taloudelliset kustannukset* sekä *tuotannon menetykset* ovat yhteiskuntaan kohdistuvia ulkoisia kustannuksia. Jälkimmäisten kustannusten osalta kustannusvastuu kuuluu kuitenkin tieliikenteelle.

Jos taas riskitön radan ylittäminen on vaikeaa, on mahdollista toimia jollain seuraavista vaihtoehtoisista tavoista:

- a) Koko henkilövahingon yksikkökustannus luetaan rautatieliikenteen kustannusvastuulle, kuitenkin vähentäen liikennevakuutuksista loukkaantuneille maksettavat korvaukset.
- b) Onnettomuuskustannus huomioidaan, mutta jätetään perimättä liikennöitsijältä.
- c) Jaetaan kustannusvastuu rautateiden ja tieliikenteen kesken, kuitenkin vähentäen liikennevakuutuksista loukkaantuneille maksettavat korvaukset.

Ulkoisen onnettomuuskustannuksen kohdentamista rautateille voidaan perustella turvallisen radanylityksen edellytyksellä. Junien nopeudet yhdessä tasoristeyksen ominaisuuksien ja näkyvyystekijöiden (sekä sään) kanssa saattavat tehdä turvallisen radan ylittämisen vaikeaksi. Kuuluneen radanpitäjän ja liikennöitsijän vastuulle pitää huoli turvallisen radanylityksen mahdollisuudesta. Radanylittäjä voi huomioida riskit vain mahdollisuuksiensa rajoissa. Lisäksi onnettomuuskustannuksen kohdentaminen rautateille ohjaa toimenpiteitä riskejä alentavaan suuntaan.

On nurinkurista periä maksua liikennöitsijältä, mikäli onnettomuusriskiin vaikuttaminen ei ole sille mahdollista. Toisaalta onnettomuuskustannukset ovat joka tapauksessa liikenteen määrästä riippuvia. Näin ollen 'soviteltu' käsittely on suositeltavaa. Kustannusvastuu siis jaetaan rautatie- ja tieliikenteen kesken joko tilastollisella mallilla tai Ruotsin mallin mukaan tasajaolla. Helpoin tapa edetä on ottaa käyttöön Ruotsin malli ja pohtia hienosyisempiä tapoja jatkossa.

Tasoristeysonnettomuudessa tieliikenneosapuoli kattaa liikennevakuutuksensa kautta sekä omat että rautatieliikenteen henkilövahinkokustannukset sairaanhoito- ja kuntoutus-

kustannusten sekä ansionmenetysten osalta. Samoin katetaan rautatieliikenteelle aiheutuneet materiaalivahingot. Vaikkakin kustannukset katetaan tieliikenteen puolelta, tulisi korvauskustannukset huomioida jo kertaalleen katettuina määritettäessä ulkoista kustannusta. Korvauskustannusten osalta on kuitenkin oltava tarkkana. Vakuutuskorvaukset, jotka kattavat ansionmenetyksiä vähennetään nimenomaan henkilövahingon riskiarvosta. Se taas voidaan tehdä ainoastaan loukkaantumisille, koska kuolemantapauksen riskiarvo on määritelty henkilökohtaisella tasolla. Omaisille maksettuja korvauksia ei siis saa vähentää riskiarvosta. Sairaanhoidosta korvattuja kustannuksia ei oikeastaan voida vähentää mistään, koska niitä ei ole kattavasti määritelty henkilövahingon yksikköarvossa.

Vakuutuskorvausten selvittäminen on kuitenkin siinä määrin työlästä, ettei sitä tässä yhteydessä tehdä.

Henkilövahinko laiturialueella tai muualla ratalinjalla

Näidenkin henkilövahinkojen osalta onnettomuustyyppit on tarpeen kategorisoida. Asema-alueella junan alle jäädään mm. laiturilta lipeämisen tai liikkeellä olevasta junasta nousemisen vuoksi. Juna törmää toisinaan myös raiteilla syystä tai toisesta olevaan ihmiseen muualla kuin merkityllä radanyhteyksipaikalla.⁹

Junan yliajamaksi joutuminen asema-alueella tulisi periaatteessa olla varotoimin estettyä, samoin kuin liikkuvasta junasta pois pääseminen. Näin ollen tällaisten henkilövahinkojen kustannukset ovat rautatieliikenteen ulkoisia kustannuksia. Toisaalta liikkuvasta junasta poistuminen on tietoista riskin ottoa. Ohjausvaikutuksen vuoksi laiturialueella ja liikkuvassa junassa tapahtuvien henkilövahinkojen kustannukset suositellaan luettavaksi kokonaisuudessaan ulkoisiksi kustannuksiksi, ellei tapaturman syytä voida esittää uhrin aiheuttamaksi. Edellä tasoristeysonnettomuuden osalta esitetyt oikeudenmukaisuuspohdinnat pätevät jälleen, eli voidaanko liikennöitsijältä periä maksuja sellaisia kustannuksia vastaan, joiden syntymiseen hän ei voi vaikuttaa. Koska kustannus riippuu kuitenkin välittömästi junaliikenteestä, suositellaan sen huomioimista ulkoisena kustannuksena.

Ratalinjalla liikkuva ihminen ottaa tietoisesti riskin. Näin ollen onnettomuudesta koituvat yksityiset kustannukset (*riskiarvo*) ovat sisäisiä. Yhteiskunnalle koituvat kustannukset ovat ulkoisia, koska ei ole olemassa mekanismeja, jonka kautta ratalinjalla liikkuja joutuisi niistä vastaamaan. Näin ollen ulkoisia kustannuksia ovat tältä osin *välittömät taloudelliset kustannukset* sekä *tuotannon menetys*. Mikäli radanpitäjä tai liikennöitsijää ei voida osoittaa syylliseksi onnettomuuteen, kustannukset tulisi kohdentaa itseensä vahingon aiheuttajaan. Mekanismeja siihen ei toistaiseksi ole olemassa. Kustannuksia ei kuitenkaan tule kohdentaa rautatieliikenteelle. Ne jäänevät siis kohdentamatta.

Onnettomuus vaarallisissa kuljetuksissa

Vaarallisten kuljetusten onnettomuus käsittää tilanteen, jossa juna vaurioituu siten, että ympäristölle koituu vaurioita vapaaksi päässeistä vaarallisista aineista tai vähintään muodostuu riski että näin kävisi. Ulkoisia kustannuksia aiheutuu mikäli ihmisille aiheutuu

⁹ Itsemurhatapauksia ei tilastoida Suomessa rataonnettomuuksiksi. Syyn selvittäminen radalla liikkumiseen saattaa joissain tapauksissa olla mahdotonta, vaikka olosuhteet viittaisivat itsemurhaan.

henkilövahinkoja. Ulkoinen kustannus on tällöin koko henkilövahingon yksikkökustannuksen suuruinen, riskiarvo mukaan lukien.

Mikäli onnettomuustilanne tai sen uhka aiheuttaa kustannuksia yhteiskunnalle esimerkiksi pelastusviranomaisten toiminnan muodossa, ja joita ei kateta rautatiesektorin taholta, ovat nämä kustannukset myös ulkoisia.

Materiaalivauriot

Ajoneuvojen materiaalivauriot on sisäistetty liikkumispäätökseen kuuluvaan riskiin, jota vastaan ajoneuvot on myös vakuutettu. Perustelu pätee sekä syylliseen että syyttömään osapuoleen. Saman voidaan olettaa pätevän yksityisen liikkujan ja liikennöitsijän ohella myös väyläpalvelujen tarjoajaan. Tosin valtion omaisuutta ei perinteisesti ole vakuutettu. Joka tapauksessa ajoneuvojen ja väyläinfrastruktuuriin kohdistuvat materiaalikustannukset suositellaan rajattavaksi tarkastelun ulkopuolelle sisäisinä kustannuksina.

5.3 Pohdintoja

Ulkoisten onnettomuuskustannusten laskeminen

Ulkoiset onnettomuuskustannukset on periaatteessa mahdollista laskea kahdella tavalla:

- riskitodennäköisyyksien mukaan – *ex ante*
- toteutunut tilasto – *ex post*

Ensimmäinen tapa on lähempänä rajakustannusteoriaa, mutta matemaattisesti haastavampi toteuttaa. Tarvitaan onnettomuustilastoja ja riskimalleja, joiden pohjalta lasketuja ratamaksuja joudutaan ehkä korjaamaan jälkikäteen (hyvittämään tai perimään lisää) tilastollisen toteuman pohjalta. Jälkimmäinen tapa on menetelmällisesti helpompi, mutta perustuu takautuvaan tietoon, ei teorian mukaisiin riskitodennäköisyyksiin.

Ruotsin Banverket soveltaa taseristeysonnettomuuden riskin ennustamiseen seuraavaa mallia:

$$R = (Q_t * Q_v / TFP_{medel}) * f(S_{th}) * O_{mf}, \text{ jossa}$$

R	= suhteellinen riski, eli onnettomuuksien määrä vuodessa,
Q_t	= keskimääräinen junaliikenne vuorokaudessa,
Q_v	= keskimääräinen kevyen liikenteen ja ajoneuvoliikenteen vuorokausiliikenne,
TFP_{medel}	= varoituslaitekohtainen keskimääräinen liikennemäärien tulo,
$f(S_{th})$	= onnettomuuskerroin, riippuu maksimijunanopeudesta ja varoituslaitetyypistä,
O_{mf}	= varoituslaitekohtainen keskimääräinen onnettomuuden todennäköisyys.

Malli erottelee keskeiset riskiin vaikuttavat tekijät, eli liikenteen määrän, nopeudet sekä varoituslaitteiden tyypit. Mallilla on mahdollista arvioida kuinka onnettomuusriski muuttuu mikäli jotkut mallin parametrit (junanopeus, liikenteen määrät) muuttuvat.

Onnettomuuskustannusten hinnoittelun kattavuus

Euroopan Komission ehdotukset ovat korostaneet vakuutusjärjestelmän roolia onnettomuuskustannusten täysimääräisessä kattamisessa. Suomessa yhteiskunnalle aiheutuvat terveydenhoitojärjestelmän kustannukset ja uhrien tulonmenetykset jo katetaankin varsin kattavasti vakuutusjärjestelmän kautta. Vakuutusmaksujärjestelmän piiriin ei välttämättä saada vietyä kansantaloudellisten tuotantomenetysten arvoa eikä aineettoman hyvinvoinnin menetyksiä, joten ratamaksu jäänee näiden kustannusten perimistavaksi.

Laskennan kehittäminen

Jatkossa on mahdollista panostaa ilman varoituslaitetta olevien tasoristeysonnettomuuksien tarkasteluun sekä ratalinjalla tapahtuvien onnettomuuksien riskeihin.

On myös tarpeen selvittää, miten suuri merkitys vakuutusjärjestelmän kautta maksettavilla korvauksilla on onnettomuuskustannusten kattamisessa. Osa korvauksista on hyvinkin pitkäkestoisia ja siten ne pitäisi määritellä vammatyypikohtaisina keskimääräisinä korvauksina. Sairaanhoidon ja kuntoutuksen osalta korvauskustannusten huomiotta jättäminen ei ole ongelma, koska niitä ei juurikaan ole mukana henkilövahingon yksikköarvossa. Sen sijaan korvaukset ansionmenetyksistä sekä kivusta ja särystä kuuluvat riskiarvon arvonmäärityksen piiriin, ja ovat siten 'vähennyskelpoisia' tilapäisten ja pysyvien vammojen osalta. Kuolemantapauksen riskiarvo on määritelty yksilön tasolla, ei omaisia huomioiden. Sen vuoksi riskiarvosta ei voida vähentää omaisille maksettuja korvauksia.

Viivästyskustannusten sisällyttäminen ratamaksuun osana onnettomuuskustannuksia on myös teorian mukaan tarpeellista, eli sen toteuttamiseksi viivästyskustannusten määrittämiseen on panostettava jatkossa.

6 VAIKUTUKSET RATAMAKSUUN

6.1 Ratamaksun määräytyminen nykyään

Periaatteet

Lähtökohdat ratamaksuperiaatteiden laatimiselle vuonna 1996 olivat sekä rataverkkolaki¹⁰ että taloustieteen väylän käytön hinnoittelulle asettamat periaatteet (Suvanto, 1999).

Rataverkkolaisissa ja sen perusteluissa todetaan mm. että

- ratamaksun perusteissa tulee ottaa huomioon rautatieliikenteen yhteiskuntataloudelliset tekijät
- rautatieliikennettä ei ole tarkoitus rasittaa suuremmalla maksulla, kuin minkä osuuden muut liikennemuodot kattavat yhteiskuntataloudellisista kustannuksistaan

Rataverkkolain ratamaksulle asettamat vaatimukset ja liikenneväylän käytön hinnoitteluperiaatteet johtivat kaksiosaiseen ratamaksuun. Muuttuvalla maksulla katetaan junaliikenteen määrästä johtuvia yhteiskuntataloudellisia rajakustannuksia ja perusmaksulla radanpidon kiinteitä kustannuksia. Muuttuvan ratamaksun määrittäminen sisältää neljä työvaihetta. Ensimmäisessä vaiheessa arvioidaan henkilö- ja tavarajunien aiheuttamat rataverkon kunnossapito-, päästö- ja onnettomuuskustannukset (Taulukko 6.1).

Taulukko 6.1. Rautatieliikenteen muuttuvat kustannukset vuonna 1997, mmk (Suvanto, 1999).

Kustannuserä	Henkilöjunat	Tavarajunat	Yhteensä
Radan kunnossapito	75,4	176,6	252,0
Onnettomuudet	20,8	10,2	31,0
Päästökustannukset	25,6	60,3	85,9
Yhteensä	121,8	247,1	368,9

Toisessa vaiheessa rautatieliikenteen yhteiskuntataloudelliset rajakustannukset suhteutetaan linja- ja kuorma-autoliikenteen muuttuvien kustannusten vastaavuuksiin. Vuoden 1997 osalta oletettiin, että linja-autoliikenne kattaa aiheuttamistaan muuttuvista kustannuksista 78 % ja kuorma-autoliikenne 75 %. Tämä merkisi, että henkilöjunaliikenteeltä voitaisiin periä muuttuvaa ratamaksua 95,1 Mmk ja tavarajunaliikenteeltä 185,3 Mmk. Kolmannessa työvaiheessa edellä mainituista summista vähennetään VR Oy:n maksamat polttoaine- ja sähköverot (Taulukko 6.2).

Taulukko 6.2. "Kustannusten tasaus" vuonna 1997, mmk (Suvanto, 1999).

	Henkilöjunat	Tavarajunat	Yhteensä
Rajakustannukset suhteutettuna linja- ja kuorma-autoihin	95,1	185,3	280,3
Vähennetään energiaverot	12,9	21,3	34,2
Maksettavaksi jää	82,2	164,0	246,3

¹⁰ Suomen säädöskokoelma 21/95. Laki valtion rataverkosta, radanpidosta ja rataverkon käytöstä.

Neljännessä vaiheessa em. summat jaetaan henkilö- ja tavarajunien arvioiduilla brutto-tonnikilometreillä, jolloin saadaan muuttuva maksu p/brtkm. Muuttuva maksu on sama kaikilla rataosilla ja kaikilla kalustoilla.

Ratamaksun periaatteita ei ole koskaan virallisesti julkaistu. Tulevaisuudessa uusi ratamaksu-direktiivi määrittää periaatteet ja edellyttää, että RHK laatii ns. verkkoselostuksen, jossa esitetään mm. ratamaksun määräytymisperiaatteet ja perittävät maksut.

Onnettomuuskustannukset ratamaksussa

Ratamaksuun sisältyy myös junaliikenteen aiheuttamat onnettomuuskustannukset. Voimassa olevat laskentaperiaatteet perustuvat Valtion taloudellisen tutkimuskeskuksen (VATT) selvitykseen (Liikenneministeriö, 1995). Ulkoisten kustannusten osuus muuttuvan ratamaksun suuruudesta on noin 30 %. Onnettomuuskustannukset lasketaan edellisen viiden vuoden onnettomuuskeskiarvojen mukaan sekä kohdennetaan erikseen tavara- ja henkilöliikenteelle kuolemaan ja loukkaantumiseen johtaneiden onnettomuuksien suhteessa.

Suomessa liikenneministeriö yhdessä Tielaitoksen ja Ratahallintokeskuksen kanssa on määritellyt tieliikenteen onnettomuuksissa kuolleille ja loukkaantuneille yksikköarvot. Onnettomuuskustannukset koostuvat onnettomuuden aiheuttamasta reaalitynön sekä ns. hyvinvoinnin menetyksestä. Taloudelliset kustannukset muodostuvat onnettomuudessa syntyneiden vahinkojen korjaamiseen käytetyistä resursseista, onnettomuuden seurauksena syntyvistä tuotannon menetyksistä ja muista vastaavista suorista rahallisista kuluista. Hyvinvoinnin menetykset lasketaan nykyään yksilön maksuhalukkuuteen perustuen.

Pelkästään onnettomuuteen syyttömän osapuolen hyvinvoinnin menetys on ulkoinen kustannus. Syyllisen osapuolen hyvinvoinnin menetys on sisäinen kustannus. Tarkastelun ulkopuolelle jätetään henkilökunnan onnettomuudet sekä tasoristeysonnettomuuksista moottoriajoneuvolla liikkuneet. Täten henkilökunnan onnettomuudet liikennemuodon sisäiseksi onnettomuuksiksi ja moottoriajoneuvo-onnettomuudet tasoristeyksissä tieliikenteen onnettomuuksiksi.

Junaa ei ole koskaan tuomittu syylliseksi tasoristeysonnettomuuksiin tai yliajoihin. Täten kuolleet tai loukkaantuneet ovat itse syyllisiä onnettomuuteen ja heille ei lasketa hyvinvoinnin menetystä. Matkustajille sen sijaan lasketaan hyvinvoinnin menetys.

6.2 Ehdotetun mallin vaikutukset

Ehdotettu uusi sisäisten ja ulkoisten onnettomuuskustannusten malli muuttaa jonkin verran kustannusten kategorisointia ja ratamaksun tasoa. Kategorisoinnin osalta rautatiesektori vapautuu joissain tilanteissa kustannusvastuusta, joissain tilanteissa kustannusvastuu on määriteltävä uudella tavalla ulkoisen onnettomuuskustannuksen teorian mukaan ja joissain tilanteissa kustannusvastuu jaetaan tieliikenteen kanssa.

Kustannusten taso muuttuu edellä mainittujen seikkojen ohella sen vuoksi, että nyt käytettävät henkilövahinkojen yksikköarvot on päivitetty korkeammiksi aiemmin ratamaksussa

käytettyihin yksikköarvoihin nähden. Lopullinen onnettomuuskustannuksen osuus ratamaksussa nähdään sitten kun loukkaantumisten vakavuusaste on määritelty, kustannusten jakoperuste varoituslaitteettomien tasoristeysonnettomuuksien osalta on tehty ja kun on päätetty vähennetäänkö vakuutuskorvausten osuus (korvaukset ansionmenetyksistä sekä kivusta ja särystä) henkilövahingon riskiarvosta silloin kun se on osa ulkoista kustannusta. Mainitut seikat suositellaan selvitettäväksi ennen kuin ratamaksuun sisältäviä onnettomuuskustannuksia määritellään.

Esitetyillä periaatteilla ohjataan huomiota sinne missä kattamaton ulkoisten kustannusten massa on kulloinkin korkein. Tilastojen mukaan se on ollut keskimäärin korkein varoituslaitteettomien tasoristeysten onnettomuuksissa. Toisaalta vakavia suistumisonnettomuuksia on tapahtunut viime vuosina useita.

7 JOHTOPÄÄTÖKSET

Raportissa on esitetty teoreettinen viitekehys ja käytännön ehdotus rautatieonnettomuuksien sisäisten ja ulkoisten kustannusten luokittelumiseksi ja laskemiseksi merkittävimpien onnettomuustyyppien osalta. Esitetty kehikko keskittyy henkilövahinko-onnettomuuksiin, mutta huomioi myös muut onnettomuustyytit. Lisäksi pohditaan kustannusten kohdentamisesta.

Rautatieliikenteen sisäisten ja ulkoisten onnettomuuskustannusten tarkasteluun ei ole olemassa montaa vakiintunutta mallia. Ruotsin ja Norjan mallit ovat kokolailla ainoat tunnetut ja tässä yhteydessä kartoitetut. Ne noudattavat pääpiirteissään teorian esitystä, mutta sisältävät myös omia toisistaan poikkeavia ratkaisuja. Toisaalta teoriaakaan ei ole kehitetty suoraanaisesti rautatieonnettomuuksien tarkasteluun. Nyt esitetty kehikko on synteesi em. malleista sekä teorian viitekehystä. Joiltain osin teorian ja vallitsevien käytäntöjen 'harmaita alueita' on ratkottu itse päätellen.

Onnettomuudet suositellaan kategorisoitavan tyyppin ja henkilövahingon asteen mukaan, koska sisäisen ja ulkoisen onnettomuuskustannuksen jako riippuu onnettomuuden luonteesta. Onnettomuustyyppinä ovat:

- a) suistuminen tai törmäys rautateillä, josta seuraa henkilövahinkoja matkustajille tai junahenkilökunnalle
- b) tasoristeysonnettomuus (varoitustaittein varustetussa tai ilman varoitustaitetta olevassa tasoristeyksessä), josta seuraa vahinkoja tieliikenneosapuolelle tai junan matkustajille ja henkilökunnalle
- c) laiturialueella tapahtuva henkilövahinko-onnettomuus tai putoaminen liikkuvasta junasta
- d) muualla kielletyllä ratalinjalla tapahtuva henkilövahinko-onnettomuus

Henkilövahinkojen arvottamisessa nojaututaan vuonna 1999 määriteltyihin liikenneonnettomuuksien henkilövahinkojen yhteiskuntataloudellisiin yksikköarvoihin. Näin ollen sisäisiä tai ulkoisia kustannuksia ovat tilanteesta riippuen joko viranomaiskustannukset, kansantalouden tuotannon menetykset tai henkilövahinkojen riskiarvot.

Henkilövahinko-onnettomuudet aiheuttavat aina ulkoisia yhteiskunnallisia kustannuksia sairaanhoidon ja ansionmenetysten sekä tulonsiirtojen kautta. Sairanhoidon kustannukset, samoin kuin sitä seuraavat kuntoutus ja uudelleen koulutus sekä ansionmenetykset ja tulonsiirrot katetaan Suomessa joko tieliikennevakuutuksista tai liikennöitsijän vastuuvakuutuksista. Sen vuoksi niitä ei tule hinnoitella toistamiseen ratamaksujen yhteydessä.

Keskeinen sisäisen ja ulkoisen kustannuksen jaottelun kriteeri on riskin aiheuttaminen ja tiedostaminen kussakin onnettomuuskategoriassa ja liikkumisessa yleensä. Teorian mukaan matkustajat, junahenkilökunta sekä teillä liikkujat tiedostavat toimintaan liittyvän onnettomuusriskin. Tällöin henkilövahingon riskiarvo käsitellään sisäisenä kustannuksena ja ulkoiseksi kustannukseksi jäävät hälytys- ja viranomaiskustannukset sekä menetetty kansantalouden tuotanto. Tämä tulkinta pätee suistumis- ja törmäysonnettomuuksiin rautatieliikenteen sisällä.

Silloin kun vastuu riskistä ja sen toteumasta on vahvasti rautateillä, on kustannusvastuu rautateillä. Jos riskin ottaja on muu liikennemuoto tai liikkujaosapuoli, ei kustannusvastuu kohdistu rautatieliikenteeseen. On myös tilanteita, joissa kustannusten jakamista suositellaan tie- ja rautatieliikenteen kesken.

Kustannusvastuu kohdistuu joko kokonaan tai osittain rautateille seuraavissa tilanteissa:

- a) omalla liikennemuodolla tapahtuvissa onnettomuuksissa,
- b) ilman varoituslaitetta olevissa tasoristeyksissä tapahtuvissa onnettomuuksissa sekä
- c) laiturialueella tapahtuva onnettomuus tai liikkuvasta junasta putoaminen.

Kielletyllä ratalinjalla tapahtuneet henkilövahingot voidaan jättää kohdentamatta rautateille, koska onnettomuus on seurausta tiedostetusta riskinotosta.

Nyt esitetty malli huomioi kolme onnettomuuskategoriaa, joissa rautatieliikenteen vastuulle kuuluvia ulkoisia riskikustannuksia on olemassa. Ensimmäinen on ilman varoituslaitetta oleva tasoristeysonnettomuus, toinen onnettomuus laiturialueella ja kolmas putoaminen liikkuvasta junasta. Näissä tapauksissa oletetaan, ettei liikkuja ole voinut estää onnettomuutta omalla varovaisuudelleen, eli tällöin koko henkilövahingon yksikköarvo on ulkoista kustannusta.

Ensiksi mainitussa tapauksessa ulkoinen kustannus suositellaan jaettavaksi rautatie- ja tieliikenteen kesken tasan. Loukkaantumisten riskiarvosta pitäisi periaatteessa molemmissa tapauksissa vähentää vakuutusjärjestelmän kautta ansionmenetyksistä sekä kivusta ja särystä maksetut korvaukset. Tämä ei ole datan puutteen vuoksi tässä yhteydessä mahdollista. Näiden korvaussummien selvittämistä suositellaan kuitenkin ennen ratamaksuun sisältyvien onnettomuuskustannusten määräämistä.

Oikeaoppisia onnettomuuksien rajakustannuksia ei toistaiseksi ole määritelty missään Euroopan maassa suhteuttaen niitä liikkumisen määrään sekä kohdentaen liikkujien kesken riskimalleilla. Sen vuoksi onnettomuuskustannukset voidaan sisällyttää ratamaksuun vain keskimääräisenä ulkoisena kustannuksena yhteiskunnallisen yksikköarvon pohjalta, ellei riskimallittamista suoriteta. Vaikuttaa kuitenkin siltä, että tasoristeysten riskimallittaminen on nykytietämyksellä mahdollista.

Rautatieonnettomuudet aiheuttavat myös viivästyksiä liikenteelle, sekä mahdollisesti ympäristökustannuksia mikäli onnettomuus tapahtuu vaarallisten aineiden kuljetuksissa. Etenkin ensin mainitun sisällyttämistä tarkasteluun jatkossa suositellaan sen ollessa läsnä likipitään kaikissa rautatieonnettomuuksissa.

Ratamaksuun esitetty kehikko ei vaikuta kovin radikaalisti, vaikkakin taso voi nousta jonkin verran. Sen sijaan rautateiden kustannusvastuuta korostetaan toisissa tilanteissa, kun taas toisissa tilanteissa se joko rajataan pois tai se alenee. Merkittävämpi paine tulee ratamaksun tasoon siksi että henkilövahingon yksikköarvot on päivitetty arvottamistutkimuksessa korkeammiksi kuin ratamaksun määrittämisessä on aiemmin sovellettu. Ratamaksun ohjausvaikutuksista voidaan varmuudella sanoa että ilman varoituslaitetta olevat tasoristeykset on nyt huomioitu erikseen omana kustannusluokkana.

Onnettomuuskustannusten laskentaperiaatteita ja hinnoittelua kehitetään paraikaa sekä kansallisissa että kansainvälisissä eurooppalaisissa tutkimushankkeissa. Ehdotuksia yhteiseksi käytännöksi on odotettavissa lähivuosina. Tässä työssä esitetty malli noudattaa saman teoreettisen viitekehyksen vuoksi tulevien ehdotusten linjauksia. Muilla liikennemuodoilla onnettomuuskustannusten tarkastelua tulee kehittää nyt esitettyjen periaatteiden suuntaan.

Lähteet

- CAPRI (1998). Valuation of transport externalities. Deliverable 3. Concerted Action on Transport Pricing Research Integration. Project Funded by the European Commission 4th Framework – Transport RTD. ITS University of Leeds.
- Elvik, R. (1994). The External Costs of Traffic Injury: Definition, Estimation, and Possibilities for Internalization. *Accident Analysis and Prevention*, Vol. 26, No. 6, pp. 719 – 732.
- Eriksen, K., Markussen, T. & Putz, K. (1999). Marginale kostnader ved transportvirksomhet. Transportøkonomisk institutt. TÖI rapport 464/1999.
- European Commission (1999a). Calculating Transport Accident Costs. Final Report of the Expert Advisors to the High Level Group on Infrastructure Charging (Working Group 3).
- European Commission (1999b). High Level Group on Transport Infrastructure Charging. Final Report on Estimating Transport Costs.
- European Commission (1999c). High Level Group on Transport Infrastructure Charging. Final Report on Options for Charging Users Directly for Transport Infrastructure Operating Costs.
- Hagen, K. (1997). Ulykkeskostnader for jernbanen. TÖI notat 1081/1997. Oslo.
- Hansson, L. (1997). Kostnadsansvaret för trafikens externa effekter. En jämförelse mellan vägtrafik och tågtrafik. IIIIEE Communications 1997:4. Lund University.
- Haukeland, J.V. (1996). Welfare Consequences of Injuries Due to Traffic Accidents. *Accident Analysis and Prevention*, 28(1): 63 – 71.
- Jansson, J-O. (1994). Accident externality Charges. *Journal of Transport Economics and Policy*, Vol. 28, No. 1, pp. 31 – 43.
- Jones-Lee, M. (1990). The value of transport safety. *Oxford Review of Economic Policy*, Vol. 6, No. 2, pp. 39 – 60.
- Jones-Lee, M. (1992). Paternalistic Altruism. *The Economic Journal*, 102, pp. 80-90.
- Jones-Lee, M. & Loomes, G. (1994). Towards a willingness-to-pay based value of underground safety. *Journal of Transport Economics and Policy*, Vol. 28, pp. 83 – 98.
- Jones-Lee, M. & Loomes, G. (1995). Scale and context in the valuation of transport safety. *Journal of Risk and Uncertainty*, Vol. 11, pp. 183 – 203.
- Liikenneministeriö (1995). Liikenteen ulkoiset kustannukset huomioon ottava hinnoittelu. L 4/95.
- Miller, T., Douglass, J. & Pindus, N. (1994). Railroad Injury: Causes, Costs, and Comparisons with Other Transport Modes. *Journal of Safety Research*, Vol. 25, No. 4, pp. 183 – 195.

- Ratahallintokeskus (1999a). Suomen rautatietilasto 1999.
- Ratahallintokeskus (1999b). Vuosikertomus 1999.
- Ratahallintokeskus (2000). RHK ja ympäristö. <http://www.rhk.fi>
- SIKA (1999). Översyn av samhällsekonomiska kalkylprinciper och kalkylvärden på transportområdet. SIKARapport 1999:6.
- Suvanto, T. (1999). Tulisiko ratamaksun periaatteita muuttaa? Muistio. Ratahallintokeskus.
- Schwab Christe, N. & Soguel, N. (1996). The Pain of Road-Accident Victims and the Bereavement of their Relatives: A Contingent-Valuation Experiment. *Journal of Risk and Uncertainty*, 13:277-291.
- Tervonen, J. (1999a). Inhimillisten onnettomuuskustannusten arvottaminen. Liikenneministeriön mietintöjä ja muistiota B9/99.
- Tervonen, J. (1999b). Accident costing using value transfers. New unit costs for personal injuries in Finland. VTT Publications 396. Technical Research Centre of Finland, Espoo.
- Tielaitos (1995). Tieliikenteen ajokustannukset 1995.
- UIC (1999). External Costs of Transport. Accident, Environmental and Congestions Costs in Western Europe. International Union of Railways. Prepared by INFRAS and IWW.
- UK DETR (1997). UK Department of the Environment, Transport and the Regions. Highway Economics Note 1/1997. <http://www.roads.detr.gov.uk/roadsafety>.
- US DOT (1997). Federal Highway Cost Allocation Study. Final Report. US Department of Transportation. Federal Highway Administration. <http://www.ota.fhwa.dot.gov>.
- Zeckhauser, R. (1996). The economics of catastrophes. *Journal of Risk and Uncertainty*, Vol. 12, pp. 133-140.
- VR (1995 – 2000). Junaturvallisuustilastot 1995 – 1999. Oy VR-Rata Ab. Sisäinen julkaisu.
- Vägverket (1997). Vägverkets samhällsekonomiska kalkylmodell. Ekonomiska teori och värderingar. Publication 1997:130. Borlänge.

- 1/1997 Railway Industry Structures and Capital Investment Financing
 2/1997 Nopean junaliikenteen aluekehitysvaikutukset
 3/1997 Rautateiden henkilöliikenteen ennustemalli (RALVI)
 4/1997 Kilpailuedellytykset ja niiden luominen Suomen rataverkolla
 5/1997 Rataverkon tavaraliikenne-ennuste 2020
 1/1998 Rataverkon jatkosähköistytksen yhteiskuntataloudellinen vaikutus selvitys
 2/1998 Suomen rautatieliikenteen päästöjen laskentajärjestelmä (RAILI 96)
 3/1998 Rautateiden tavarakuljetusten laatutekijät
 4/1998 Ratahallintokeskuksen tutkimus- ja kehittämistoiminta 1997 - 99
 5/1998 Rataverkon kehittämisen yhdyskuntarakenteellisten vaikutusten ja menetelmien arviointi
 6/1998 Yksityisrahoituksen käyttömahdollisuudet Suomen ratahankkeissa
 1/1999 Ratarakenteen instrumentoinnin kirjallisuustutkimus, 250 kN:n ja 300 kN:n akselipainot
 2/1999 Rautatieliikenteen polttoaineperäisten päästöjen aiheuttamat ympäristökustannukset
 3/1999 Rautatieliikenteen aiheuttama värinä, 250 kN:n ja 300 kN:n akselipainot
 4/1999 Ratarakenteen instrumentointi- ja mallinnussuunnitelma, 250 kN:n ja 300 kN:n akselipainot
 5/1999 Rautatietärinän mittauskäytäntö Pohjoismaissa
 6/1999 Radan tukikerroksen ja alusrakenteen kirjallisuustutkimus, 250 kN:n ja 300 kN:n akselipainot
 7/1999 Rautatiesiltojen luokittelu ja inventointi rataosuudella Rautaruukki-Haaparanta akselipainojen korottamista varten
 8/1999 Ratarumpujen maastoselvitys, 250 kN:n ja 300 kN:n akselipainot
 1/2000 Rataverkko 2020 -ohjelman väliraportti. Kehittämisvaihtoehtojen vaikutustarkastelut
 2/2000 Bantrummor, 250 kN och 300 kN axellaster
 3/2000 Liikkuvan kaluston kirjallisuustutkimus
 4/2000 Raidesepelin lujuuden vaikutus tukikerroksen kestoikään
 5/2000 Ratarakenteen instrumentointi ja mallinnus, 250 kN:n ja 300 kN:n akselipainot
 6/2000 Väliraportti 250 kN:n ja 300 kN:n akselipainojen ratateknisistä tutkimuksista
 7/2000 Intermediate Report, 250 kN and 300 kN axle loads
 8/2000 Ratatekniset määräykset ja ohjeet -julkaisun käytettävyydestä tutkimus
 9/2000 Ratakapasiteetin perusteet
 10/2000 Instrumentation and Modelling of Track Structure, 250 kN and 300 axle loads

RATAHALLINTOKESKUS
 KAIVOKATU 6, PL 185
 00101 HELSINKI

KEHITTÄMISYKSIKKÖ

Lisätietoja: Tuomo Suvanto, puh. (09) 5840 5125, sähköposti: tuomo.suvanto@rhk.fi
 Jakelu: Arja Aalto, puh. (09) 5840 5121, sähköposti: arja.aalto@rhk.fi

ISBN 952-445-044-5
 ISSN 1455-2604