



TEKNIikka JA LIIKENNE

Auto- ja kuljetustekniikka

Jälkimarkkinointi

INSINÖÖRITYÖ

**AUTON TURVALLISUUS:
TURVAVYÖ JA TURVATYYNY**

**Työn tekijä: Eija Nieminen
Työn ohjaaja: Pertti Ylhäinen**

Työ hyväksytty: ____ . ____ . 2010

**Pertti Ylhäinen
lehtori**

TIIVISTELMÄ

Työn tekijä: Eija Nieminen	
Työn nimi: Auton turvallisuus: Turvavyö ja turvatyyny	
Päivämäärä: 17.5.2010	Sivumäärä: 39 s.
Koulutusohjelma: Auto- ja kuljetustekniikka	Suuntautumisvaihtoehto: Jälkimarkkinointi
Työn ohjaaja: lehtori Pertti Ylhäinen	
<p>Tässä insinööriyössä tutustuttiin auton turvallisuuteen. Työssä selvitettiin alan kirjallisuuden ja artikkeleiden perusteella auton turvallisuusjärjestelmien, varsinkin turvavöiden ja turvatyynyjen, kehitystä ja toimintaa. Turvavöiden ja -tyynyjen lisäksi työssä käydään lyhyesti läpi yleisesti auton turvallisuutta sekä muutamia auton passiivisia turvallisuusjärjestelmiä, jotka suojaavat ihmisiä onnettomuuksissa.</p> <p>Turvavyö on pelastanut lukemattomien ihmisten hengen yli 60 vuoden historiansa aikana. Lisäksi se on estänyt monta vakavaa loukkaantumista. Sitä kuinka paljon turvavyö on todellisuudessa pelastanut, on vaikea tietää. Pelastumisiin vaikuttavat niin monet muutkin turvallisuusjärjestelmät, kuten turvatyyny. Turvavyö pitää kuitenkin ihmisen paikallaan, jolloin muut passiiviset turvallisuusjärjestelmät voivat auttaa pelastamaan matkustajan hengen. Nykyään on normaalia, että auton jokaiselta istumapaikalta löytyy kolmipisteturvavyöt ja yli viisi turvatyynyä.</p> <p>Työn tuloksena saatiin suhteellisen kattava tietopaketti turvavöistä ja turvatyynyistä.</p>	
Avainsanat: Turvallisuus, turvavyö, turvatyyny	

ABSTRACT

Name: Eija Nieminen	
Title: Car Safety: Seat Belt and Airbag	
Date: 17.5.2010	Number of pages: 39 p.
Department: Automotive and Transport Engineering	Study Programme: After sales
Instructor: Pertti Ylhäinen, Senior Lecturer	
<p>The purpose of this graduate study was to examine car safety. The objective was to describe car safety systems, with the focus on the latest developments and the function of the seat belt and airbag, based on current literature and articles. The work also includes a brief summary of a couple of passive car safety systems which help to protect people in accidents.</p> <p>The seat belt has saved countless lives during its history of over 60 years. In addition it has prevented many serious injuries. It is difficult to know how many people have actually been saved thanks to seat belt. So many other safety systems play an important role in saving lives, for example airbags. The seat belt, however, helps the other passive safety systems by keeping people in place. Nowadays it is normal that every seating position in a passenger vehicle has three-point seat belts and more than five airbags.</p> <p>The findings of this study provide a relatively comprehensive overview on today's seat belts and airbags.</p>	
Keywords: Safety, seat belt, airbag	

SISÄLLYS

TIIVISTELMÄ

ABSTRACT

1	JOHDANTO	1
2	TURVALLISUUS	2
2.1	Aktiivinen turvallisuus	2
2.2	Passiivinen turvallisuus	3
2.3	Liikenneturvallisuus Suomessa	3
2.4	Törmäysettit	4
3	TURVAVYÖ	6
3.1	Turvavyön historia	6
3.1.1	1800-luku	6
3.1.2	1900–1930-luvut	6
3.1.3	1940-luku	6
3.1.4	1950- ja 1960-luku	7
3.2	Turvavyön kehitys	7
3.3	Turvavyö ja lainsäädäntö	9
3.3.1	Suomessa	9
3.3.2	Ruotsissa	10
3.3.3	Australian Victorian osavaltiossa	10
3.3.4	Yhdysvalloissa	10
3.4	Miten turvavöitä tulisi käyttää?	10
3.5	Turvavyö ja onnettomuudet	11
3.6	Kuinka moni käyttää turvavyötä?	12
3.7	Turvavyömuistutin	15
3.8	Turvavyön esikiristin	15
4	TURVATYYNY	18
4.1	Turvatyynyn historia	18
4.2	Turvatyynyn kehitys	20
4.3	Turvatyyny ja lainsäädäntö	20
4.4	Turvatyyny ja onnettomuudet	21
4.5	Turvatyynyn haitat	21

4.6	Turvatyynyn toiminta	22
4.6.1	<i>Etuturvatyynyt</i>	22
4.6.2	<i>Sivuturvatyynyt</i>	23
4.6.3	<i>Liukumista estävä turvatyyny</i>	25
4.6.4	<i>Jalankulkijaturvatyyny</i>	25
4.6.5	<i>Takapenkin turvatyyny</i>	25
4.6.6	<i>Kuljettajan polviturvatyyny</i>	26
4.6.7	<i>Ilmatyyny-turvavyö</i>	26
4.7	Turvatyynyjärjestelmän osat	27
4.7.1	<i>Kiihtyvyyssanturi</i>	27
4.7.2	<i>Ohjainlaite</i>	27
4.7.3	<i>Turvatyynymoduuli</i>	29
4.7.4	<i>Kaasunkehitin</i>	29
4.7.5	<i>Turvatyyny</i>	30
4.7.6	<i>Kellojousi</i>	30
4.7.7	<i>Diagnoosiliitin</i>	31
4.7.8	<i>Liitokset</i>	31
MUITA TURVALLISUUS JÄRJESTELMIÄ		32
4.8	Kokoonpuristuvat vyöhykkeet	32
4.9	Kolariyhteensopivuus	32
4.10	Retkahdusvammojen esto	32
4.11	Niskatuki	33
4.12	”Pop-up”-konepeitto	34
5	YHTEENVETO	35
	VIITELUETTELO	37

1 JOHDANTO

Auton turvallisuuden kehittämisestä on tullut koko ajan tärkeämpi osa auton suunnittelua. Turvallisuuden kehitys on vain kiihtynyt, kun autoista on tullut nopeampia, liikennemäärä on kasvanut, teknologia on kehittynyt ja tieto lisääntynyt. Liikenteessä kuolisi huomattavasti enemmän ihmisiä, jos turvallisuus olisi jäänyt vaikka 1950-luvun tasolla. Auton turvallisuudesta onkin tullut yksi kilpailunaihe autonvalmistajien keskuudesta. Ostajat haluavat turvallisemman auton turvaamaan omaa ja perheensä henkeä.

Nykyään suoritetaan uusille automalleille törmäystestejä, joissa voidaan arvioida kuljettajan ja matkustajien lisäksi myös jalankulkijan passiivista turvallisuutta kolaritilanteissa. Näistä törmäystesteistä ostajat sekä autonvalmistajat saavat tietoa kuinka turvallisesta autosta on todellisuudessa kyse. Testeissä hyvin pärjänneet autot ovat halutumpia markkinoilla kuin huonosti pärjänneet. Myös lainsäädännössä on asetettu turvallisuusvaatimuksia ajoneuvoille, mutta pelkästään täyttämällä nämä lain vaatimukset, ei saa niin turvallista autoa kuin nykypäivänä on mahdollista.

Erilaisia turvallisuusjärjestelmiä kehitellään jatkuvasti. Osa jää kokeiluasteelle ja osa pääsee markkinoille asti. Kaikkein tarpeellisin yksittäinen keksintö auton turvallisuudessa on varmaankin ollut turvavyö, joka auttaa ihmistä pysymään paikallaan ja auton sisällä. Turvatyyny kehitettiin parantamaan turvavyön antamaa suojaa. Nämä yhdessä ovat pelastaneet useiden ihmisten hengen ja tulevat jatkossakin pelastamaan.

Aluksi kehitettiin vain kuljettajan turvallisuutta paremmaksi. Sen jälkeen alettiin parantaa myös toisen etumatkustajan turvallisuutta. Siitä siirryttiin takapenkin matkustajiin, ja nyt viimeisenä on ryhdytty ottamaan myös auton ulkopuolisia, kuten jalankulkijoita, huomioon. Ennen vain nokkakolareissa turvalaitteet laukesivat, koska nämä ovat suurin kolariryhmä. Mutta nykyään myös sivulta ja takaa tuleviin kolareihin saadaan suojaa.

Insinööriyden tavoitteena on kerätä kaikki tärkeä tieto turvavöistä ja turvatyynyistä niiden historian ajalta. Työ tehdään kirjallisuustyönä, jossa käytetään lähdeaineistona paljon alan lehtiartikkeleita 1970-luvulta alkaen. Lisäksi lähteinä on alan järjestöjen julkaisemia dokumentteja ja kirjallisuutta. Auton turvallisuus -aihetta on rajattu jättäen pois aktiiviset turvallisuusjärjestelmät.

2 TURVALLISUUS

Auton turvallisuus jaetaan kahteen osa-alueeseen: aktiiviseen ja passiiviseen. Aktiiviseen kuuluvat järjestelmät, jotka pyrkivät estämään onnettomuuksien tapahtumista. Passiivinen turvallisuus puolestaan pyrkii suojaamaan kuljettajaa, matkustajia ja muita osapuolia onnettomuustilanteissa.

Uusimmat autojen turvallisuutta parantavat järjestelmät, joita kehitellään ja asennetaan autoihin pikkuhiljaa, käyttävät apunaan esimerkiksi satelliitteja. Nämä järjestelmät parantavat sekä aktiivista että passiivista turvallisuutta. Ne voivat varoittaa huonosta kelistä tai liikenneuhkista, ja niillä voidaan lähettää ilmoitus onnettomuudesta ja tarkka onnettomuuspaikka heti onnettomuuden satuttua.

2.1 Aktiivinen turvallisuus

Aktiiviseen turvallisuuteen vaikuttavat autovalmistajan asentamien erilaisten järjestelmien lisäksi myös tien, renkaiden tai kuljettajan kunto, sää ja muu liikenne. Myös ajomukavuuden parantuessa turvallisuus paranee. Kuljettajan on mukavampi ja helpompi ajaa, kun autossa on sopivan lämmin, vedotonta ja raikasta, eikä ulkopuolelta kuulu liikaa meteliä, eivätkä renkaat ja tie aiheuta tärinää. Jokaisen tulisi itsekkin huolehtia jatkuvasti turvallisuudesta huoltamalla ja katsastamalla auto määräajoin, sekä tarkkailemalla esimerkiksi auton renkaiden kuntoa. Tärkein tekijä auton turvallisuudessa on kuitenkin kuljettaja. Jos kuljettaja ei ole ajokuntoinen ja toimii väärin liikenteessä, eivät mitkään turvallisuusjärjestelmät pysty estämään pahojakaan onnettomuuksia niin kauan kun ihminen on ratin takana.

Vaikka kuljettaja onkin avainasemassa tien päällä, voi autotekniikka auttaa häntä vaikeiden tilanteiden hallinnassa. Esimerkiksi lukkiutumattomat jarrut ja ajovakautusjärjestelmät ovat jo yleisesti käytössä uusissa autoissa. Elektroniikan kehityksen myötä kehitellään koko ajan lisää ja parempia turvallisuusjärjestelmiä valvomaan ympäristöä ja näin auttamaan kuljettajaa. On kehitetty järjestelmiä, jotka auttavat pitämään auton kaistaviivojen sisäpuolella tai jotka jarruttavat automaattisesti esteen tullessa eteen. Näillä järjestelmillä ei ole tarkoitus poistaa kuljettajan vastuuta ajamisesta, vaan parantaa kuljettajan huomiokykyä ja avustaa yllättävissä tilanteissa, järjestelmillä kun ei ole samanlaista reaktioaikaa kuin ihmisellä.

Uusia markkinoille tulevia turvallisuutta edistäviä laitteita ovat esimerkiksi alkolukko, joka estää auton käynnistymisen, jos kuljettaja nauttinut liikaa alkoholia, sekä kuljettajan väsymyksen havaitseva laite.

2.2 Passiivinen turvallisuus

Passiivinen turvallisuus on ihmisen viimeinen mahdollisuus kolaritilanteessa, kun kuljettaja ei voi enää tehdä mitään. Tähän turvallisuuteen kuuluu isoimpana kokonaisuutena itse auton kori, joka nykypäivänä on suunniteltu painumaan kasaan hallitusti vähentäen kolarin aiheuttamaa liike-energian vaikutusta ihmiseen. Matkustamon tulisi säilyttää muotonsa mahdollisimman hyvin, jotta matkustajat pysyisivät sen sisällä turvassa. Turvavyöt auttavat matkustajia pysymään matkustamon sisällä turvallisesti lähes paikoillaan. Turvatyynynt pehmentävät mahdollisia iskuja läheisiin pintoihin.

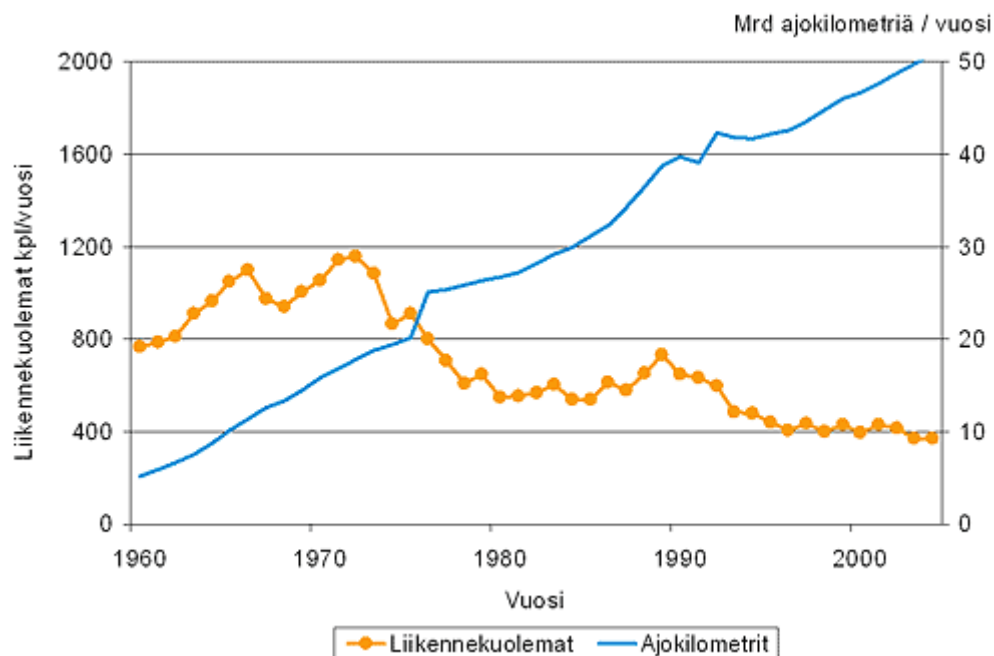
EU:n komission tuella tehdyssä tutkimuksessa on todettu, että jokainen Euro NCAP (New Car Assessment Program) törmäystestin perusteiden mukaisesti myönnetty tähti tarkoittaa matkustajien kuolonkolarin riskin vähenemistä lähes 10 %:lla. Ja täydet viisi tähteä saaneilla autoilla on 36 % alhaisempi kuolonkolarin riski kuin autoilla, jotka täyttävät vain lain vaatimukset. [1.]

2.3 Liikenneturvallisuus Suomessa

Vuonna 1929 Maaseudun Autonomistajain Liitto perusti Liikennekulttuurikomitean. Komiteaan kutsuttiin eri järjestöistä asiasta kiinnostuneita henkilöitä, kuten esimerkiksi Urho Kekkonen. Vuonna 1939 komitea yhdistyi Tapaturmatorjuntayhdistykseen, jolloin saatiin liikennejaos, Talja, joka toimi vuoteen 1971 asti Liikenneturvan edeltäjänä. Talja nimitettiin vuonna 1952 valtion liikenneturvallisuusviranomaiseksi. Liikenneturvallisuuteen liittyvän valistustyönsä ohella jaos aloitti liikennejärjestelmään kohdistuvan turvallisuustoiminnan perustamalla tie- ja liikenneteknisen tutkimus- ja neuvontatyön vuonna 1953. [2, s. 164.]

Autojen turvallisuuden kehitys on edennyt siitä asti parempaan suuntaan, kun siihen on alettu kiinnittämään kunnolla huomiota eli siis 1970-luvulta lähtien. Asian huomaa kuvaajasta (kuva 1), josta näkee kuinka liikennekuolemat ovat olleet vähenemään päin viimeiset 30–40 vuotta vaikka ajatut kilometrit ja autojen määrä on kasvussa. Kuolemien määrän lasku on hidastunut

tai pysynyt lähes samana 1990-luvun puolivälin jälkeen, mutta ajokilometrit ovat kuitenkin nousseet koko ajan.



Kuva 1. Ajokilometrit ja liikennekuolemat [1]

2.4 Törmäystestit

Autonvalmistajat aloittivat uusien autojen törmäystestit aikoinaan viranomaisten vaatimuksesta. Tällä hetkellä Euroopassa suosituin ja näkyvin testi on Euro NCAP. Sen tavoitteena on tuottaa kuluttajille puolueetonta ja vertailukelpoista tietoa eri automallien turvallisuudesta. Testiohjelma on saanut runsaasti julkisuutta, mikä on omalta osaltaan johtanut autonvalmistajien väliseen kilpailuun. Tämän ansiosta markkinoille on tullut yhä turvallisempia autoja. [3, s. 35.]

Euro NCAPissa arvioidaan aikuis- ja lapsimatkustajien kolariturvallisuutta sekä jalankulkijoiden loukkaantumiseriskiä törmäyshetkellä. Lisäksi arvioidaan auton turvallisuusjärjestelmiä. Testeissä on etu-, sivu- ja jalankulkijatörmäystestit sekä lapsimatkustajan turvallisuustesti. Myös etuistuimen turvallisuus huomioidaan peräänajossa eli piiskaheilahduksessa. [4.]

Valmistajalle kerrotaan tietyn mallin valinnasta törmäystesteihin, mutta yksilö valitaan myyjän tietämättä auton tulevaa käyttötarkoitusta. Valmistajat pääsevät seuraamaan testin suorittamista ja saavat tulokset käyttöönsä. Heille annetaan myös mahdollisuus kerran korjata auton vikoja ja teettää uusinta-testi korjausten jälkeen. [4.]

3 TURVAVYÖ

Turvavyö saattaa olla yksinkertainen keksintö, mutta niin ovat useimmat muutkin nerokkaat keksinnöt. Sitä käyttämällä ei estetä onnettomuuteen joutumista, mutta selviytymismahdollisuudet siitä paranevat huomattavasti. Se on edelleen ainut side auton turvarakenteisiin onnettomuustilanteissa estäen matkustajia paiskautumasta päin auton kovia sisäosia tai lentämästä ikkunasta ulos. Auton törmätessä ilman turvavyötä oleva matkustaja jatkaa matkaansa samalla nopeudella kuin mikä autolla oli ennen törmäystä. Turvavyön avulla matkustaja pysyy penkissä kiinni ja hidastaa vauhtia samaa tahtia kuin auto.

3.1 Turvavyön historia

Autoihin tarkoitettuja turvavöitä on patentoitu lähes yhtä kauan kuin mitä autoja on valmistettu [5]. Turvavöitä on ollut vaikka minkälaisia, mutta vain osa suunnitelmista on päässyt käyttöön asti.

3.1.1 1800-luku

Sir George Caley keksi turvavyön jo 1800-luvulla lentokoneisiin. Autoon tarkoitetun turvavyön patentoi Edward Claghorn Yhdysvalloissa vuonna 1885. Tämä vyö oli samanlainen kuin lentokoneissa eli lannevyö. [6, s. 104.]

3.1.2 1900–1930-luvut

1920- ja 1930-luvuilla lentokoneisiin turvavöitä valmistavat yritykset yrittivät kaupata vöitään myös autoihin, mutta huonolla menestyksellä. 1930-luvulla Yhdysvalloissa perustettiin erilaisia autoilun turvallisuusjärjestöjä lääkäreiden, lentäjien ja turvallisuusinsinöörien toimesta, jotka olivat huolissaan liikenneonnettomuuksien kasvavasta määrästä. Samoihin aikoihin alettiin tehdä törmäystutkimuksia lentokoneille joista saadut tulokset olivat rinnastettavissa autoon. Tutkimukset ja järjestöt alkoivat vauhdittaa autoturvavöiden käyttöönottoa. [6, s. 104.]

3.1.3 1940-luku

Nash-merkkisiä autoja alettiin varustaa turvavöillä vuonna 1949. Turvavöistä luovuttiin kuitenkin vajaan vuoden päästä, kun huomattiin, ettei ostajia kiinnostanut turvallisuus vaan pikemminkin päinvastoin. [6, s. 104.]

3.1.4 1950- ja 1960-luku

Ensimmäisen kolmipisteturvavyön kehittivät ja patentoivat amerikkalaiset Roger W. Griswold ja Hugh De Haven vuonna 1951. Tässä vyössä oli lannevyöhön yhdistetty viistosti rinnan yli kulkeva vyö. Nykyisen kolmipisteturvavyön suunnitteli Volvon turvallisuusinsinööri ruotsalainen Nils Bohlin ja hän patentoi vyön Yhdysvaltoihin vuonna 1959. Saksan patenttitoimisto arvioi Bohlin keksinnön yhdeksi 1900-luvun kahdeksasta tärkeimmästä keksinnöstä, joka kertoo aika paljon siitä, kuinka merkittävästä turvalaitekeksinnöstä oli kyse. [5; 7.]

Vuonna 1951 General Motors varusti kokeilumallinsa turvavöillä. Ford ja Chrysler alkoivat kampanjoida turvallisuuden puolesta vuonna 1956 ja tarjosivat autoihinsa lisävarusteena kaksipisteturvavyön. Pian Ford kuitenkin ymmärsi, ettei turvallisuudella ollut vielääkään ostajia, ja otti turvavyöt pois markkinoilta saadakseen jälleen myyntinsä kohoamaan. [5; 6, s. 104.]

Vuonna 1956 Saab asensi noin 100 erikoismallia olevaan autoonsa kolmipisteturvavyöt. Ensimmäisenä autovalmistajana Saab asensi autoihinsa turvavyöt vakiovarusteena vuonna 1958. Tällöin vakiona olevat vyöt olivat kaksipistevöitä, mutta vuonna 1962 ne vaihdettiin kolmipisteturvavöihin. [5]

Vuonna 1958 Volvon Amazon ja PV544-malleihin alettiin asentaa vakiona kaksipistevyöt. Sitä ennen Volvon autoihin oli saanut lisävarusteena kaksipistevyöt. Volvo otti vakiovarusteeksi etuistuimille kolmipistevyön vuonna 1959 ja rullavyön vuonna 1969. [5.]

3.2 Turvavyön kehitys

Ensin kehitettiin lantiovyö, jossa kulki vain yksi vyö lantion yli. Tämä ei pitänyt ylävartaloa kiinni penkissä, vaan se pääsi vapaasti retkahtamaan törmäyksissä. Sen jälkeen tuli diagonaalivyö, jossa vyö kulki viistosti vatsan ja hartian yli. Se ei estänyt alavartalon eteenpäin luisumista, jotkut jopa sinkoutuivat kokonaan vyön ali. Diagonaalivyö aiheutti jopa kuolemaan johtaneita kaulavammoja. [6, s. 105; 8, s. 96.]

Nils Bohlin kehittämän nykyisen kolmipistevyön ideana oli kohdistaa törmäysvoimat kehon vahvimpiin osiin, lantioon ja rintakehään, kun taas vatsan pehmeät osat jäivät sen ulkopuolelle. Kolmipistevyö piti ihmisen tukevammin

penkissä kiinni estäen paremmin ylävartalon retkahduksen ja alavartalon eteenpäin luisumisen. [7.]

1960-luvun alussa Ruotsissa oli arvioiden mukaan noin 60 %:ssa autoja diagonaalivyö. Kolmipistevyöiden katsottiin olevan tehokkaampia kolaritilanteissa, mutta niiden käyttö oli hankalaa. Vasta rullavyöiden tullessa niihin kolmipistevyöt yleistyivät. [5.]

Ensimmäiset kolmipistevyöt olivat kiinteitä ja niiden kireys piti säätää sopiviksi. Ne olivat käytössä epämukavia, koska niitä täytyi pitää kireällä, mutta silloin ei ylettänyt mihinkään. Tästä syystä niitä pidettiin usein liian löysällä, eivätkä ne silloin antaneet samanlaista suojaa onnettomuustilanteissa. Rullavyö oli käytössä paljon mukavampi, koska se sopeutui automaattisesti kehon muotoihin. Volvo teki vuonna 1977 noin 15 000 onnettomuudesta tutkimuksen, jonka pohjalta todettiin, ettei rullavyö tarjoa oleellista etua kiinteään kolmipistevyöhön nähden. Samaan tulokseen pääsivät myös englantilaiset ja japanilaiset tutkijat. Rullavyön käytön helppoudella oli kuitenkin turvavyön käyttöä lisäävä vaikutus. [7; 8, s. 97; 9, s. 59.]

Rullavyössä tuli olla hyvä uloskelattavuus, ja päällelaiton sekä lukitsemisen tuli sujua helposti yhdellä kädellä. Mutta silti vaikka ihmisen piti pystyä liikkumaan turvavöissä suhteellisen vapaasti, piti vyön lukittua törmäyksessä todella nopeasti. Vielä vuonna 1985 monissa turvavöiden lukituksissa saattoi olla viivettä niin paljon, että se salli jopa 20 cm mittaisen siirtymän eteenpäin. Toinen ongelma rullavöissä oli saada ne kelautumaan helposti sisään ja ulos, ilman että vyö jäi lattialle jalkoihin tai oven väliin. Vyön kiertyminen vaikeutti myös tätä kelautumista. Kiertymisen ratkaisuksi tuli litistetty silmukka vyön yläkiinnityspisteeseen, jonka läpi vyö kulki. [10, s. 132–133.]

Turvavöiden ja penkkien kiinnityksessä oli 1970–1980-luvuilla ongelmia. Penkit eivät aina pysyneet paikoillaan törmäyksissä, vaan lähtivät kiinnikkeistään irti. Silloin turvavöissä oli ihmisen lisäksi myös penkki. Turvavyön vakiokiinnityksellä ei voitu huomioida eripituisia käyttäjiä, eikä istuimen siirtymistä etu-takasuunnassa. Parasta olisi ollut kiinnittää turvavyö suoraan penkkiin, mutta tämä olisi vaatinut raskaan ja kalliin istuimen, jotta se olisi kestänyt onnettomuustilanteissa. [10, s. 133; 11.]

Vuonna 1979 Ruotsissa tehdyssä testissä ajettiin kaksi vuoden 1970 henkilöautoa nopeudella 50 km/h betoniseinään. Autot olivat liikennekelpoisia, ei-

vätkä olleet pahasti ruosteessa. Turvavyöt tarkistettiin ennen koetta, eikä niissä havaittu selviä vaurioita. Kummassakin autossa oli nukeilla käytössä kolme turvavyötä. Törmäyksessä kummastakin autosta petti yhden turvavyön kiinnityspiste repeytymällä korista irti. Neljästä turvavyöstä petti lukko, johon ei pitäisi olla vaikutusta vanhenemisella tai korroosiolla, kuten kiinnityspisteisiin. [9, s. 63–64.]

Koska kolmipisteturvavyö ei toimi parhaalla mahdollisella tavalla esimerkiksi sivukolareissa tai auton kaatumisessa, ovat Saab ja Volvo alkaneet kehittää turvavöitä, jotka pitävät ihmisen tiiviisti penkissä tapahtui minkä tahansa suuntaista liikettä. Volvon kehittelemässä X4-tyyppisessä turvavyössä normaalin kolmipisteturvavyön lisäksi kulkisi lisävyö vapaan olkapään yli lantiole. Nopea turvavöiden avaaminen on ratkaistu automatiikalla, jossa kumpikin vyö aukeaa samanaikaisesti, kun painaa jommankumman vapautussalpa. Volvon V4-tyypin turvavyössä idea on lähes sama kuin kilpa-autoissa, mutta käytettävyyttä ja rullamekanismin toimintaa on kehitelty vastaamaan siviiliautoilun tarpeita. V4:ssä on vatsan päällä solki, johon tulee neljästä eri pisteestä vedettävät vyöt. Vyöt tulevat kummankin hartian kohdalta ja kummaltakin puolelta lantiota. Keskussoljessa on salpa, josta voidaan vapauttaa kaikki vyöt kerralla ja nopeasti käyttäen vain yhtä kättä. [12.]

3.3 Turvavyö ja lainsäädäntö

3.3.1 Suomessa

Suomessa henkilöautojen etupenkeille piti asentaa turvavyöt vuodesta 1970 alkaen ja pakolliseksi niiden käyttö tuli vuonna 1975. Takapenkeillä ja pakettiautojen ohjaamoissa turvavöiden käyttö tuli pakolliseksi vuonna 1987. Rikesakon turvavyön käyttämättä jättämisestä on saanut vuodesta 1983 lähtien. [5; 6, s. 105; 10, s. 132.]

Turvavöitä tulee käyttää kaikilla niillä istumapaikoilla, joihin se on asennettu, siis myös kaupunkiliikenteen linja-autoissa. Joidenkin turvavyön käytön estävien sairauksien takia lääkäri voi myöntää sen käytöstä vapautuksen. Joissakin ammateissa ei tarvitse käyttää turvavyötä, tällainen on esimerkiksi lyhytkestoinen jakelu- ja keräilyliikenne. [13.]

3.3.2 Ruotsissa

Ruotsissa tuli kolmipisteturvavyön asennuspakko uusien autojen etuistuimille vuonna 1969. Ja takapenkeille piti asentaa turvavyöt vuonna 1970. Rullavyöt tulivat pakollisiksi etupenkeille vuonna 1974 ja takapenkeille vuonna 1975. Vuoden 1975 alusta Ruotsissa astui voimaan etupenkeillä turvavyön käyttöpakko. Vuodesta 1986 alkaen kaikkien 15 vuotta täyttäneiden tuli käyttää turvavyötä niin edessä kuin takanakin. Vuonna 1988 kaikki matkustajat veloitettiin käyttämään turvavyötä iästä riippumatta. [5; 6, s. 105.]

3.3.3 Australian Victorian osavaltiossa

Australian Victorian osavaltiossa vuoden 1969 alusta alkaen piti asentaa turvavyöt uusien autojen etupenkeille ja niiden käyttöpakko astui voimaan vuonna 1970. Vuonna 1971 Victoriassa piti asentaa uusien autojen takapenkeille turvavyöt. Victoria oli tiettävästi maailman ensimmäinen maa, joka asetti turvavöiden käytön pakolliseksi. [5; 6, s. 105.]

3.3.4 Yhdysvalloissa

Amerikoissa uskotaan yksilövapauteen, eikä ole määrätty yleisesti turvavyöpakkoa kuten Euroopassa. Yhdysvalloissa aitoihin on vaadittu joko turvavyö tai itsestään kiinnittyvät turvavyöt vuodesta 1989 lähtien. [14, s. 16–17.]

3.4 Miten turvavöitä tulisi käyttää?

Turvavyö tulee olla oikein kiinnitetty, jotta se antaa parhaan mahdollisen suojan. Alimman vyön pitää mennä lantion yli, mutta se ei saa nousta vatsan päälle. Ylemmän vyön pitää kulkea viistosti rinnan ja olan yli. Jos se jää kaulan kohdalle pitää turvavyötä tai istuimen selkänojaa säätää. Turvavyötä ei saa laittaa kulkemaan kainalon alta, ei edes pienillä lapsilla. Vyö ei saa myöskään olla kierteellä. Lantiovyyön kulkiessa liian korkealla vatsan päällä, se saattaa aiheuttaa vammoja sisäelimille tai lannenikamiin. Väärin kulkeva viistovyö voi murtaa solisluun tai aiheuttaa ylimääräisiä vammoja. Mutta väärin kiinnitettyt vyöt ovat silti parempi kuin kokonaan ilman vyötä. Raskaana oleville löytyy lisävarusteita, joilla turvavyön kulkua voidaan ohjata niin, ettei lantiovyyö nouse huomaamatta liian ylös. [15, s. 45; 16, s. 14.]

Tyynyt ja paksut talvitakit olisi hyvä jättää pois, kun käytetään turvavöitä. Turvavyön toiminta kun perustuu siihen, että turvavyö olisi tiukalla onnetto-

muuden sattuessa. Kaikki ylimääräinen matkustajan ja turvavyön välillä jätävät turvavyön turhan löysälle ja ihminen pääsee liikkumaan törmäyksessä liian paljon. [15, s. 45.]

3.5 Turvavyö ja onnettomuudet

Ilman turvavyötä 80 kg painavan henkilön törmäyspaino jo nopeudessa 50 km/h tapahtuvassa törmäyksessä kohoaa yli 3 000 kg:aan. Törmäyksessä tällainen massa aiheuttaa itselle ja muille suuren vaaran, mikäli tätä massaa ei ole sidottu. Kokeissa on osoitettu, että aikuinen voi käsillään estää iskeytymisen auton sisäosiin nopeudessa 7 km/h tapahtuvissa törmäyksissä. Eri asia on, ehtiikö ihminen reagoimaan niissä sekunnin murto-osissa joissa törmäys tapahtuu. [17, s. 9; 18.]

Törmäyksessä tapahtuu kolmenlaisia törmäysiskuja: auto törmää, ihminen törmää ja ihmisen sisäelimet törmäävät. Auton törmätessä johonkin esteeseen, sen rakenteet antavat jonkun verran periksi, vaimentaen hiukan törmäyksen iskuvoimaa. Mutta silti auto pysähtyy hyvin nopeasti, noin sekunnin kymmenesosan aikana. Ihminen törmää ilman turvavyötä auton sisäosiin sillä nopeudella, joka autolla oli ennen törmäystä. Viimeisenä törmäävät ihmisen sisäelimet sillä nopeudella ja siihen suuntaan, joka autolla oli ennen törmäystä. Sisäelimet iskeytyvät päin toisia elimiä tai luustoa. Tämä saattaa aiheuttaa vakavia vammoja. [19.]

Liian suurissa törmäysvoimissa ihmisen keho ei kestä näitä voimia, vaikka olisikin turvavöissä. Sisäelimet voivat repeytyä ja sen seurauksena henkilö voi kuolla. Sen takia törmäystesteissä käytetään nukkeja ihmisten sijasta. Turvavyö mahdollistaa hengissä säilymisen maantienopeuksilla silloin kun muut olosuhteet ovat suosiolliset. Taajamanopeuksissa käyttäjä voi selvitä onnettomuudesta pelkillä mustelmilla, kun vyötä käyttämätön olisi saattanut joutua sairaalaan. [16, s. 15; 17, s. 9.]

Turvavyön rakenne on sellainen, että se venyy hiukan törmäyksessä, jolloin se vaimentaa kehoon kohdistuvia voimia ja pyrkii näin estämään vammojen syntymistä. Tästä syystä kolareissa olleet turvavyöt tulisi aina uusida, vaikka ne näyttäisivätkin toimivan, koska niiden ominaisuudet ovat saattaneet oleellisesti huonontua. Vyöt tulisi vaihtaa myös heti, jos niissä näkyy kulumisen tai rikkoutumisen merkkejä. [13; 15, s. 45; 16, s. 14.]

Turvavöissä ihmisen pysähtyminen tapahtuu hitaammin turvavyön venymisestä johtuen. Turvavöiden toimintaa parantaa myös se, että hidastumisesta aiheutuneet voimat jakautuvat kehon kestävimmillä osilla. Eri maissa tehtyjen tutkimusten mukaan turvavyön käyttö vähentää kuolemia puolella ja loukkaantumiset lieventyvät tai jäävät kokonaan pois. Turvavyö toimii parhaiten etupäästörmäyksissä tai auton pyörähtaessä katolleen, mutta myös kylkilolareissa ja peräänajoissa siitä on hyötyä. [19.]

Tutkijalautakunnan aineistojen mukaan alle 2 %:ssa kolareista turvavyöstä on haittaa. Turvavyö näyttää lisäävän lievempiä selkärangan, niskan, rinta-kehän ja vatsaontelon vammoja. Turvavyö vähentää tutkitusti riskiä vammautua vakavasti tai kuolla onnettomuuksissa. Yliääkäri ja tutkijalautakunnan lääkärijäsen Seppo Olkonen Työterveyslaitokselta kertoo turvavyön vähentävän vaikeiden iskuvammojen syntymistä, joita tulee kun pää tai rinta-kehä iskeytyy auton eturakenteisiin. Turvavyö estää myös matkustajan sinkoutumisen ulos autosta tai takapenkillä istuvan pauskautumisen edessä istuvan niskaan. [8, s. 96; 20.]

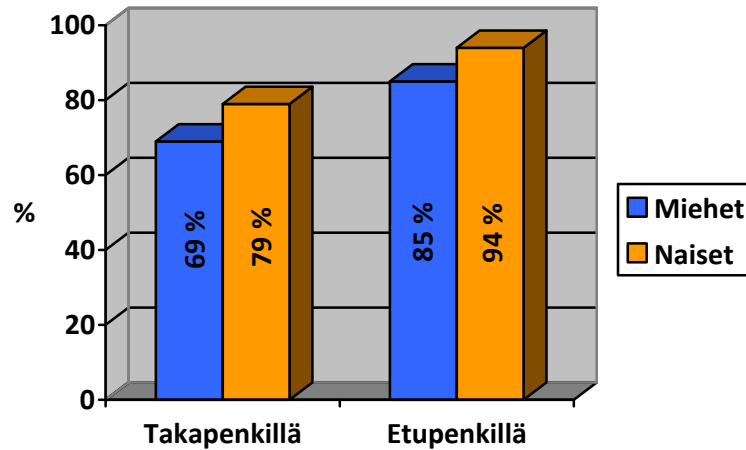
Ruotsissa ensimmäisen käyttöpakovuoden jälkeen kuolemat ja vakavat vammat olivat vähentyneet 46 %:lla. Australiassa kolmen vuoden käyttöpakon jälkeen kalloaivovammat vähenivät 37 %:lla ja erityisen vakavia vammoja ei enää ollut. Silmien vammat vähenivät Australiassa viiden vuoden sisällä 87 %:lla. Puhuttaessa liikennekuolleisuuden tai vakavien vammojen määrän laskusta tulee muistaa se, että siihen vaikuttavat myös muutkin liikenneturvallisuuden hyväksi tehdyt toimenpiteet kuin vain turvavyö. [8, s. 96.]

Euroopan liikenneturvallisuusneuvosto ETSC on Brysselissä sijaitseva riippumaton ja voittoa tavoittelematon organisaatio, jonka tavoitteena on liikenneonnettomuuksien vähentäminen ja onnettomuuksien vakavuuden pienentäminen. ETSC:n mukaan turvavyö on pelastanut yli miljoonan ihmisen hengen. ETSC:n mukaan vuonna 2008 EU:n alueella turvavyö pelasti 13 000 henkeä ja vähintään 4 300 kuolemaa olisi voitu välttää turvavyön käytöllä. [21.]

3.6 Kuinka moni käyttää turvavyötä?

Liikenneturvan vuonna 2008 tekemän tutkimuksen (kuva 2) mukaan turvavyötä käytetään kaikista vähiten takapenkillä. Tutkimukseen osallistuneista 89 % kertoi käyttävänsä etupenkillä aina turvavyötä, mutta takapenkillä vain

75 % käytti turvavyötä. 7 % kyselyyn vastanneista oli sitä mieltä, että takapenkillä ilman turvavyötä matkustava ei vähennä etupenkkiläisen turvallisuutta ja 3 %:n mielestä takapenkillä on turvallista matkustaa ilman turvavyötä. [22.]



Kuva 2. Turvavyön käyttö aina etu- ja takapenkillä [22]

Selityksiä sille, miksi ihmiset eivät käytä turvavyötä autossa, löytyy monia. Monet syyt ovat vielä nykypäivänäkin samoja, kuin mitä ne olivat 50 vuotta sitten. Ihmiset luottavat omaan ajotaitoonsa, eivätkä usko että juuri hänelle voisi sattua mitään. Tai sitten he unohtavat tai eivät jaksakaan kiinnittää vyötä. Jotkut kokevat turvavyön käytön hankalaksi tai tarpeettomaksi esimerkiksi lyhyillä matkoilla. Lähiympäristön sosiaalinen paine voi vähentää turvavyön käyttöä ja joskus riskinotto saatetaan nähdä jopa positiivisena asiana. Jotkut pelkäävät niihin kuristumista onnettomuustilanteessa tai ettei niistä pääse pois, jos auto syttyy tuleen tai joutuu veden varaan. Joillakin on epäilyksiä niiden turvallisuudesta. Tai sitten niitä pidetään vain yksilön vapautta rajoittavina laitteina. Syyt ovat usein vain verukkeita piittaamattomuudelle omasta ja muiden turvallisuudesta. Turvavyön käyttämättömyyteen liittyvät usein päihteet, nuori ikä ja vanha auto. Moni ihminen käyttää turvavyötä vain siksi, että sen käyttämättä jättämisestä voi saada sakot, eikä niiden turvallisuuden takia. [4; 6, s. 105; 8, s. 97; 16, s. 16; 17, s. 9.]

Takapenkillä oleva turvavyötön matkustaja lisää etupenkkiläisen kuolemanriskiä lähes viisinkertaisesti, eikä etupenkkiläinen voi vaikuttaa tähän omalla

turvavyön käytöllään. Turvavyön käytön laiminlyönnin arvioidaan maksavan yhteiskunnalle miljardin vuodessa. Tutkijalautakunnat ovat arvioineet 50–100 ihmisen menehtyneen vuosittain onnettomuuksissa vain sen takia, etteivät he ole käyttäneet turvavyötä. Jos kaikki käyttäisivät turvavyötä, selviytyisi pelkästään vanhojen EU-maiden alueella joka vuosi 6 000 ihmistä liikennekuolemalta ja 380 000 loukkaantumiselta. [5; 16, s. 16; 21.]

Liikenneturvan arvion mukaan Suomen koko autokannasta vuonna 1979 vain noin kymmenesosassa on takapenkillä turvavyöt ja näistä vain noin 5 %:ssa käytettiin niitä. Vuonna 1987 arvioitiin, että kaikkiaan 60 %:ssa autoista oli turvavyöt asennettuna takapenkille. Vuonna 1988 Tekniikan Maailman suorittaman tutkimuksen mukaan takapenkillä olleista 82 % käytti turvavyötä. [9, s. 60; 23.]

Vuonna 1980 tehdyn tutkimuksen mukaan suomalaisista käytti turvavyötä maantieajossa 50 % ja kaupunkiajossa 20 %. Vuonna 1997 maantieajossa käyttöaste oli 92 % ja kaupunkiajossa 81 %. Poliisin tehovalvontajaksolla maaliskuussa 2009 tavattiin noin 1 100 henkilöä ilman turvavyötä. Vuotta aiemmin luku oli 1 500. [6, s. 105; 16, s. 15; 20.]

Vaikka EU:n säädöksissä onkin turvavyön käyttöpakko niin etu- ja takapenkille, on sen käyttö nykyään henkilöautoissa etupenkillä vielä alle 90 prosenttia ja takapenkillä alle 70 % 27 EU-maassa. Pakettiautoissa ja raskaissa ajoneuvoissa ajajat käyttävät turvavyötä vieläkin huonommin. Maiden välillä on kuitenkin suuriakin eroja. Pohjoismaissa ja joissakin Länsi-Euroopan maissa käytetään turvavyötä ahkerasti, kun taas Etelä- ja Itä-Euroopassa käyttö on keinoa. Parhaimmillaan takapenkilläkin saatetaan ylittää 80–90 %:n tason, mutta huonoimmillaan jäädytään jopa alle 30 %:n. [5; 21.]

Turvavyön käytön lisäämiseen käytetään apuna niin valvontaa, informaatiota ja muistutusta. Turvavyön käytön hyödyistä pitäisi kertoa ihmisille ja muistuttaa sen käyttöpakosta. Myös rikesakon määrällä on huomattu olevan vaikutusta takapenkillä matkustavien turvavyön käyttöön. Auton oma muistutusjärjestelmä on hyvä keino vaikuttaa turvavyön käyttöön. Englannissa vuonna 1991 kuljettajien turvavyön käyttöaste oli 69 % ja takapenkillä matkustavien 10 %. Tiedotuksen ja sanktioiden avulla saatiin kuljettajien turvavyönkäyttöaste nousemaan 90 %:iin ja takapenkillä matkustavien 69 %:iin vuoteen 2004 mennessä. [5.]

Ensin suositeltiin, etteivät lapset käyttäisi turvavyötä, koska ajateltiin, että muuhun ruumiiseen nähden iso pää aiheuttaisi niskalle liian suuren rasituksen. Tutkimuksissa kuitenkin todettiin toisin. Lapselle turvattomimpana paikkana matkustaa pidettiin aikuisen syliä. Alle vuoden ikäiselle turvallisina paikkana matkustaa vielä 1970-luvun lopussa oli kantokassissa tai lastenvaunujen koriosassa takapenkillä. Korin päälle pystyi laittamaan verkon, jotta vauva ei lentänyt sieltä ulos, ja tyynyillä tai jollain muulla varmistettiin, ettei vauva paiskautunut päin etuistuimia törmäyksessä. [9, s. 60–61.]

3.7 Turvavyömuistutin

Liikenneturvan vuonna 2008 tekemän kyselyn mukaan 84 % ihmisistä oli sitä mieltä, että kaikissa ajoneuvoissa pitäisi olla turvavyömuistutin. Muistutin olisi hyvä niille ihmisille jotka eivät vastusta turvavyön käyttöä, mutta unohtelevat käyttää vyötä. Ruotsissa tehdyn tutkimuksen mukaan turvavyön käyttöaste oli 99 % niissä autoissa, jotka oli varustettu turvavyömuistuttimella. Autoissa, joissa ei ollut muistutinta, oli käyttöaste vain 82 %. Joka toisesta autosta löytyy etupenkin turvavöistä muistuttava järjestelmä, kun taas harvinaisempaa takapenkin turvavöistä muistuttavaa löytyy joka kuudennesta autosta. Volvo S40 oli ensimmäinen auto, jossa varoitusvalo kojetaulussa muistuttaa kuljettajaa myös takapenkillä olevien matkustajien osalta. [5; 24.]

3.8 Turvavyön esikiristin

Turvavyön kiristimien tehtävänä on poistaa ylimääräistä väljyyttä turvavöistä törmäyshetkellä. Vaikka turvavyö tuntuisikin kireältä, ei se sitä ole. Ylimääräistä turvavyötä tulee rullalta rullan lukon kytkeydyttyäkin, koska turvavyö ei ole kelautunut rullalle täysin kireästi. Itse turvavyö voi myös venyä jopa 100 mm kovassa törmäyksessä. Lisäksi paksu vaatetus aiheuttaa turvavyöhön väljyyttä. Esikiristin pysäyttää vyön rullan vierestä, jolloin rullalla oleva ylimääräinen vyö ei pääse vaikuttamaan ihmisen liikkuvuuteen. Väljyydestä johtuen ihmisellä on suurempi vaara osua auton sisäosiin, kun liikematka, jonka tämä pääsee liikkumaan, on pidempi. Kiristin voi kiristää vyötä tai vyön solkea. Käytössä on sähköisesti ja mekaanisesti toimivia kiristimiä. Vakavissa onnettomuuksissa turvavyö voi aiheuttaa vammoja kiristyessä liikaa, mutta tämä on voitu estää asentamalla esikiristimiin voimantuloa rajoittimet. [3, s. 58; 25, s. 18.]

Uusissa autoissa turvavyön kiristimiä voi olla kaikissa auton turvavöissä, niin etu- kuin takapenkillä. Kaikissa esikiristimissä on oma virtapiiri, jolla ne on kytketty järjestelmän ohjainlaitteeseen. Jokaista kiristintä voidaan ohjata erikseen. Ne toimivat omalla pääteasteellaan, ja niillä on oma laukaisulinja. Ohjainlaite pääättelee kiristimen käytön sen mukaan onko turvavyö käytössä vai ei. Etupenkeissä olevien sähköisten tunnistimien avulla voidaan määritellä onko istuimessa matkustaja vai lasten turvakaukalo, jopa matkustajan paino voidaan määritellä. Matkustajan turvatyyny ei aktivoidu, jos siinä on turvakaukalo. [3, s. 98 ja 102.]

Mercedes-Benz kehitti 1980-luvun puolella välissä kiristimen, jossa nestesuihkun pyörittämä turbiini kiristi turvavyöt tasaisesti 12 ms. Ongelmana näissä oli saada ne reagoimaan tarpeeksi herkästi silloin kun pitäisi, mutta ilman että ne laukeavat esimerkiksi korjaustilanteissa. Erilaisissa olosuhteissa, kuten pakkasena, kuuma, kostea ja pöly, toimiminen vuosikautia tuotti myös vaikeuksia. [10, s. 133.]

Turvavyön esikiristin Volvossa toimii turvatyynyn ohjausyksikön kautta. Kiristin aktivoituu samaan aikaan turvatyynyn kanssa. Ohjausyksikkö laukaisee sähköisen ruutipanoksen, jolloin räjähdys syöksee eteenpäin rivin kuulia. Kuulat kulkevat rullapyörän kautta, joka on yhdistetty turvavyön rullan keulausmekanismiin, joten vyö kiristyy. Kiristys tapahtuu muutamassa sadasosasekunnissa. [7.]

Turvavyön solkeen vaikuttavassa sähköisesti ohjatussa esikiristimessä on sähkösytyttimellä varustettu kaasunkehitin, joka on liitetty sylinteriputkeen. Sylinteriputkessa on mäntä, johon on kiinnitetty vaijeri. Vaijerin toinen pää kiertää hihnapyörän kautta vyön soljelle ja on yhdistetty siihen. Ohjainlaitteen lähettämä sähköpulssoi aktivoi kaasunkehittimen, ja muodostuva kaasu työntää mäntää edellään sylinteriputkessa. Vaijeri kiristyy ja pyörittää hihnapyörää ja vetää samalla turvavyön solkea mukaansa, jolloin ylimääräinen väljyys poistuu vyöstä. Kuulakartio estää männän paluuliikkeen ja näin vyö jää kireälle. Turvavyön sisäänkelausvara on järjestelmästä riippuen enintään 180 mm. [3, s. 58.]

Mekaaninen turvavyön kiristin on yhdistetty rullavöihin. Esikiristin sijoitetaan B-pilariin. Esikiristinjärjestelmä toimii yhdessä rullavyön kelan kanssa. Se koostuu mekaanisesta jarrutusvoiman tunnistimesta, jota pitää paikallaan

haka. Törmäyksessä tunnistin irtoaa haasta. Tunnistimessa kiinni oleva jousi vetää sitä eteenpäin kohti laukaisinta. Laukaisin toimii kaasun muodostajana. Kaasu työntää mäntää putkea pitkin. Männän ja vyön kelan välillä on vaijeri. Mäntä vetää vaijeria ja kelaa näin vyötä sisään. Kiristysvara on noin 100 mm. [3, s. 60.]

Esikiristin voi myös toimia joissain järjestelmissä ennakoidusti. Turvavyön esikiristimet laukeavat jo ennen törmäystä, kun järjestelmän etäisyystutkien avulla huomataan, ettei törmäystä voi enää välttää. [26, s. 105.]

4 TURVATYÖNY

Turvatyönyjärjestelmä on tarkoitettu turvavöitä täydentäväksi järjestelmäksi ja se on suunniteltu vähentämään ylävartalon ja pään vammautumisriskejä. Turvatyöny estää ihmisen iskeytymistä auton sisäpuolisia osia päin. Liikeenergia jakautuu suurelle alueelle siten että päähän, kaulaan ja niskaan kohdistuvat kuormitukset vähentyvät pään painuessa työnyä vasten. [3, s.30; 27, s. 12.]

Turvatyönyjen laukaisuhetki pitää ajoittaa tarkasti, koska on otettava huomioon myös työnyjen täyttymiseen kuluva aika. Turvatyönyyn pitää olla kokonaan täynnä ja juuri alkamassa tyhjentyä, kun matkustaja osuu siihen. Täytyvää työnyä päin pauskautumisella voi olla kohtalokkaat seuraukset. Lyhytkasvuisten kuljettajien on vaikea saada turvallista ajoasentoa, jossa jalat ylittävät polkimille, mutta silti istuu riittävän kaukana turvatyönystä. Lyhyiden kuljettajien kannattaakin käyttää kuljettajalle mukautettua poljin- ja istuinjärjestelmää. [3, s. 30–31.]

Vaikka Euroopassa turvavyöt tulivat pakollisiksi autoihin, olivat amerikkalaiset sitä mieltä, ettei ketään voida pakottaa käyttämään turvavöitä. Tästä syystä Yhdysvaltoihin valmistettaviin autoihin asennettiin turvatyönyt korvaamaan turvavöitä. Edes suurimmatkaan turvatyönyt eivät voineet korvata turvavöiden tuomaa turvallisuutta, koska yleensä ihminen jatkoi liikkumista ohjaamossa tai auton ulkopuolella turvatyönyyn osuttuaan. Euroopassa alettiin 1990-luvun aikoihin asentaa autoihin hiukan pienempiä turvatyönyjä kuin Yhdysvalloissa, koska näiden tarkoitus oli vain täydentää turvavöiden antamaa turvallisuutta, ei korvata sitä. [28, s. 75.]

1990-luvun loppupuolelta asti autoihin on ollut saatavissa normaalien etumatkustajien turvatyönyjen lisäksi myös oviin, istuimiin ja kattorakenteisiin sijoitettavia turvatyönyjä. Näiden tehtävänä on suojella matkustajia myös sivulta tulevissa törmäyksissä. [28, s. 75.]

4.1 Turvatyönyyn historia

John W. Hetrick keksi ja patentoi turvatyönyyn vuonna 1952. Yhdysvaltain patenttivirastolla oli monta patenttia, joiden tarkoitus oli pienentää kolaritilanteissa loukkaantumisriskiä, mutta Hetrickin keksintö oli selvästi nykyisen tur-

vatyydyn prototyyppi. Hetrickin patentti vanheni vuonna 1970, joka oli muutamaa vuotta liian aikaisin, että hän ei saanut penniäkään keksinnöstään. [29, s. 41–42.]

Ford alkoi valmistaa lisävarusteena turvatyyntyä vuoden 1971 malleihinsa ratkaisuksi Yhdysvaltojen pienelle turvavyön käyttöasteelle, mutta joutui luopumaan siitä ylipääsemättömien ongelmiansa takia. Fordin käyttämän turvatyydyn räjähdepanos synnytti 170 dB:n pamauksen lauetessaan, joka aiheutti pysyviä kuulon menetyksiä. Heillä oli myös ongelmia hidastuvuutta mittaavan tunnistimen ja tyydyn täyttymisen kanssa. [29, s. 42.]

Vuonna 1973 General Motors varusti 1 000 Chevrolet Impalaa turvatyyntyllä kokeillakseen niitä normaalissa käytössä. Vuotta myöhemmin se tarjosi turvatyydyn lisävarusteena suuriin henkilöautomalleihinsa. Vaikka asiakkaalle kaksi turvatyyntyä maksoi vain 225 dollaria, joka oli alle tuotantokustannusten, otti turvatyynty 3 vuoden aikana vain 10 321 asiakasta. [29, s. 42.]

General Motors lupaili jo vuonna 1970, että neljän vuoden päästä olisi jo miljoonassa autossa turvatyynty. Mutta vuonna 1982 puhuttiinkin jo, että vuoden päästä joihinkin malleihin tulisi turvatyynty. S-luokan Mercedes-Benzissä oli vakiona turvatyynty vuonna 1982, mutta ongelmana oli saada turvatyynty laukeamaan tarpeeksi herkästi ja vain tarvittavissa tilanteissa. [10, s. 133.]

1990-luvun alussa turvatyynty yleistyivät myös keskiluokkaisissa perheautoissa. Turvalaitteiden kysyntä nousi hetkessä, eivätkä turvatyyntyjen ja turvavyön kiristimien valmistajat pystyneet valmistamaan turvalaitteita niin paljon, kuin autotehtaat tilasivat. Autonvalmistajat tilailivatkin eri turvalaittevalmistajilta ja tämä näkyy 1990-luvun pikkuautoissa. Niissä voi olla samankin vuoden mallissa eri valmistajien laitteita tai niiden yhdistelmiä. Tämä ei huonontanut näiden laitteiden antamaa suojaa, mutta vaikeutti korjaamojen työtä, kun ei ollut aina tarkkaa tietoa kyseisen auton turvalaitteista. Tilanne rauhoittui 1990-luvun puolivälissä, kun kysyntä saatiin vastaamaan tarjontaa, ja autotehtaat saivat pitkäaikaiset sopimukset turvalaittevalmistajien kanssa. [28, s. 77]

BMW:n kaikkiin automalleihin tuli vuodesta 1995 alkaen käyttöön yksinkertainen ”älytyyny”, jossa istuimen sisälle on asennettu anturi kertomaan onko istuin käytössä vai ei. Tällä tavoin säästytään turhien turvatyyntyjen lau-

keamisten korjauskustannuksilta. Sen jälkeen samanlainen anturi alkoi tulla käyttöön myös muille automerkeille. [30, s. 40–41.]

4.2 Turvatyynyn kehitys

Vanhemmissa järjestelmissä on yksivaiheinen tyyny, joka täyttyy kerralla yhden sytyttimen ja kaasunkehittimen avulla. Siinä ei oteta huomioon törmäyksen vakavuutta, eikä sitä ovatko turvavyöt käytössä vai eivät. [3, s. 52.]

Uudemmassa kaksivaiheisessa turvatyynyssä on kaksi sytytintä ja kaasunkehittintä. Törmäyksen tapahtuessa pienessä nopeudessa, jossa on pienet törmäysvoimat ja kuljettajalla käytössä turvavyö, laukeaa vain turvavyön esikiristin. Mutta jos ei ole turvavyötä, ei kiristin toimi, vaan silloin turvatyyny täyttyy osittain. Osittain täytyminen pienentää vaaraa törmätä täyttyvään tyynyyn, kun ei ole turvavyötä. Suuremmassa nopeudessa tapahtuvassa törmäyksessä, jossa hieman suuremmat törmäysvoimat ja kuljettajalla turvavyö, turvavyön esikiristin toimii ja tyyny täyttyy osittain. Jos kuljettajalla ei ole turvavyötä, turvatyyny täyttyy kokonaan, jotta se suojelisi ihmistä. Suurissa nopeuksissa tapahtuvissa törmäyksissä, joissa suuret törmäysvoimat, esikiristin toimii ja turvatyyny täyttyy kokonaan. [3, s. 52–53.]

Turvatyynyt ovat lisääntyneet autoissa vuosien aikana. Uusissa autoissa voi olla hyvin 10 turvatyynyä, jotka kaikki eivät aina edes muistuta turvatyynyä. [26, s. 104.]

Aiemmin turvatyynyt toimivat vain edestäpäin +/- 30 asteen kulmassa tulevasta törmäyksissä [31, s. 55]. Nykyään turvatyynyt toimivat joka suunnasta tulevissa törmäyksissä. Törmäyksen suunta, laatu ja voimakkuus vaikuttavat siihen, mitkä turvatyynyt laukeavat.

4.3 Turvatyyny ja lainsäädäntö

Yhdysvalloissa kuljettajan turvatyyny tai itsestään kiinnittyvät turvavyöt tulivat pakolliseksi vuonna 1989. Yhdysvaltojen kansallinen liikenneturvallisuusvirasto NHTSA (National Highway Traffic Safety Administration) määräsi Yhdysvalloissa turvatyynyt asteittain pakolliseksi vuodesta 1987 lähtien. Vuoden 1998 henkilöautoissa tuli olla etupenkillä turvatyyny ja vuonna 1999 kaikissa pakettiautoissa. [14, s. 16–17; 29, s. 42.]

4.4 Turvatyyyny ja onnettomuudet

Etupääkolarit ovat yleisimpiä ja voimakkaimpia. Ja vaikka ihminen käyttäisi turvavyötä, saattaa hänen päänsä tai rintansa iskeytyä auton sisäosiin. Todennäköisyys iskeytyä johonkin kasvaa törmäysvoimien kasvaessa, mitä löysemmällä turvavyö on tai mitä lähempänä rattia tai etupaneelia hän istuu. [32.]

Yhdysvalloissa tehtiin 1990-luvulla turvatyynyn avulla pelastuneille kyselytutkimus. Siihen osallistui 215 ihmistä. Heistä 4 sanoi, ettei halua turvatyynyä seuraavaan autoonsa, vaikka he olivat saaneet onnettomuudesta vain lieviä mustelmia. 86 % sanoi tyynyn pelastaneen heidät loukkaantumiselta ja 76 %:n mukaan tyynyn suojaava vaikutus oli ratkaiseva. [31, s. 56.]

Yhdysvaltain liikennehallinnon viranomaisten tutkimusten mukaan vuosien 1991–1997 välillä turvatyynyn aiheuttamista 62 kuolemasta kaikissa muissa, paitsi kahden lapsen kuolemassa, oli syyppäänä väärin kiinnitetty lastenistuin, turvavyön käyttämättömyys tai liian lähellä turvatyynyä istuminen. Turvatyynyn on kuitenkin laskettu säästäneen Yhdysvalloissa vuosien 1987–2005 välillä 14 200 ihmishenkeä. [30, s. 38–40; 33.]

4.5 Turvatyynyn haitat

Jopa nopeudella 300 km/h täyttyvä turvatyyny saattaa olla joskus vaaraksi matkustajalle, jos se osuu täyttymisvaiheessa ihmiseen. Liian lähellä rattia istuvalla kuljettajalla tai matkustajalla on vaarana loukkaantua täyttävästä turvatyynystä. Liian lähellä istuvat yleensä lyhyet tai iäkkäät kuljettajat. Heillä on suurempi riski loukkaantua myös ilman turvatyynyäkin. Tehtaat pitävät turvallisena etäisyytenä ohjauspyörän keskeltä rintaan 25 cm. Joissakin tapauksissa suositellaan polkimien pidennystä, jos pituus ei riitä istumaan tarpeeksi kaukana. Etenkin raskauden loppuvaiheessa vatsa tulee niin lähelle ohjauspyörää, että kuljettajana toimimista ei voida suositella, oli autossa turvatyyny tai kuljettajalla vain turvavyö. Raskaana olevan istuessa turvatyyny-paikalla olisi hyvä siirtää penkki taaimpaan asentoon. [32.]

Turvatyynyt aiheuttavat vammoja pelastaessaan ihmishenkiä. Joka kolmannen laukeamisen arvioidaan aiheuttavan vammoja. Suurin osa on naarmuja, mustelmia tai lieviä hankautumisesta aiheutuneita palovammoja. Suurempia ongelmia tulee tilanteista, joissa ihminen on istunut törmäyksen sattuessa

epätavallisessa asennossa. Tyyny saattaa heittää käden esimerkiksi tausta-peiliä tai tuulilasia päin aiheuttaen murtumia. Tai sitten ihminen voi laittaa pelästyessään kädet kasvojen eteen ja murtaa näin vaikka nenänsä. Käsiiä ei pitäisi pitää ristissä rinnan päällä tai jalkoja kojetaulun päällä. Vakaviin vammoihin tai jopa kuolemaan turvatyynyn lauetessa saattaa johtaa myös liian löysällä oleva turvavyö tai turvavöitä vasten eteenpäin nojaaminen. [31, s. 56; 32; 34, s. 12.]

Etupenkille ei saisi sijoittaa lastenistuinta selkä kojelautaan päin, jos siinä on turvatyyny. Törmäyskokeissa turvatyyny on heittänyt tällaisissa tapauksissa lapsen jopa takalasin läpi ulos. Sama koskee autossa vapaana liikkuvaa koiraa. [34, s. 13.]

4.6 Turvatyynyn toiminta



Kuva 3. Havainnollistamiskuva Alfa Romeo Miton turvatyynyistä [35]

4.6.1 Etuturvatyynyt

Etupenkin turvatyynyihin kuuluvat kuljettajan turvatyyny ohjauspyörän keskiossa ja matkustajan turvatyyny kojelaudassa hansikaslokeron lähetyvillä kojelaudan alla. Kummankin turvatyynyn eteen on tehty ratkeamissauma, josta tyyny työntyy täyttyessään ulos. Kuljettajan turvatyynyssä on poistoaukot, jolloin tyyny tyhjenee hetkessä ja kuljettajan näkyvyys palaa ja hän voi ohja-

ta tarvittaessa autoa. Matkustajan turvatyynyssä ei yleensä ole poistoaukkoja, koska se on tilavuudeltaan isompi ja se kutistuu kuitenkin itsestään, kun kaasu jäähtyy. [3, s. 40 ja 52; 36, s. 43.]

Normaalikokoinen 50–70 litrainen kuljettajan turvatyyny täyttyy 30–35 ms:ssa. Tyyny on täysinäinen noin 0,11 s kuluttua törmäyksestä ja siinä ajassa kuljettaja on ehtinyt syöksyä eteenpäin noin 20 cm. Kuljettajan painuessa turvatyynyä vasten, tyhjenee tyyny noin 45 ms:ssa. Matkustajan tyyny on 2–3 kertaa isompi kuin kuljettajan ja sen täyttymiseen menee 50–60 ms aikaa. Matkustajalle voidaan sallia hiukan suurempi liikerata törmäyksessä, koska kojelauta on kauempana sillä puolella. Turvatyyny täyttyy 160–300 km/h nopeudella ja sen kiihtyvyys on noin 2 G:tä. Kuljettajan Euro-tyyny on noin 30–40 litraa ja USA-tyyny 60–70 litraa. Euro-tyyny voi olla pienempi, koska se on tarkoitettu toimimaan yhdessä turvavöiden kanssa toisin kuin Yhdysvalloissa, jossa turvavyöt eivät ole pakollisia. [27, s. 12–13; 31, s. 55–56; 34, s. 13.]

Vanhemmat kuljettajan ja matkustajan turvatyyny eroavat uudemmissa kehitysversioista lähinnä vain käytetyn polttoaineen ja laukaistavien sytyttimien määrän osalta. Nykyisissä etumatkustajan turvatyynyissä on yleensä kaksi sytytintä eli ovat kaksivaiheisia. Sytyttimistä voidaan laukaista vain toinen tai niiden välistä sytytyseroa voidaan säädellä tilanteen mukaan. [3, s. 100.]

4.6.2 Sivuturvatyyny

Uusimmissa autoissa ja turvajärjestelmissä on muiden turvalaitteiden lisäksi sivutörmäyssuojat. Sivuturvatyyny on kiinnitetty joko etupenkkiin, kattoon tai etuoveen. Ne suojaavat kuljettajaa ja matkustajaa myös kylkikolareissa. Sivuttaiskiihtyvyyttä mittaavat anturit löytyvät kummaltakin puolelta autoa ja ne on kiinnitetty joko korirakenteisiin tai etupenkkeihin. Tunnistimet voivat myös sijaita ovissa ja tarkkailla kiihtyvyyden sijasta ilmanpaineen muuttumista. Törmäyksen laadusta riippuen laukeavat vain törmäyksen puoleiset sivuturvatyyny tai kummankin puolen tyyny. Etupenkeissä voi olla myös istuintunnistin, joka mittaa käytetäänkö istuinta vai ei. Jos istuinta ei käytetä, ei sivuturvatyyny laukea. Sivuturvatyynyjärjestelmän ohjainlaite voi olla muun turvajärjestelmän kanssa yhteinen tai sitten sillä voi olla oma erillinen yksikkö ja tunnistimet. [3, s. 61 ja 101; 28, s. 81.]

Koska matka sivulle on lyhyt, täytyy sivuturvatyynyn lauetta nopeammin, noin viiden millisekunnin kuluessa. Sen lisäksi on enintään kymmenen millisekuntia aikaa täyttää tyyny. Nopean toiminnan takia sivuturvatyynyissä ei käytetä kaasugeneraattoreita vaan paineilmapanoksia, jotka luovuttavat sisältönsä vielä hiukan nopeammin. [37.]

Mekaanisella sytyttimellä varustetut penkin sivutörmäyssuojajärjestelmät ovat itsenäisiä, ja ne on kytketty yleensä etupenkkeihin. Järjestelmiin ei tule virransyöttöä tai signaalihohtimia, eivätkä ne ole itsediagnostiikan valvonnassa. Kiihtyvyyttunnistin voi sijaita etupenkeissä tai ovirakenteessa. Volvon vanhemmassa SIPS-järjestelmässä kiihtyvyyttunnistimessa on mekaaninen laukaisulaitteisto. Sivutörmäyksessä painelevy ottaa törmäysvoiman vastaan ja puristaa mekaanisen sytyttimen kokoon, jolloin iskuri toimii. Iskunsytyttimestä lähtevä paineaalto siirtyy letkua pitkin turvatyynymoduulin kaasunkehittimeen ja sytyttää sen. Palokaasut täyttävät turvatyynyn, joka rikkoo moduulin kannen ja repii auki penkin sivussa olevan ratkeamissauman. [3, s. 62.]

Joissakin malleissa sivuturvatyyny toimivat kahdessa vaiheessa pitäen tyynyn pidempään täynnä. Etuovissa olevat sivuturvatyynymoduulit sijaitsevat oviverhouksen alla, oven sisä rakenteisiin kiinnitettynä. Tyynyn tilavuus täyttyneenä on keskimäärin 20 litraa, ja se on muodoltaan suorakulmainen ja korkeintaan 10 cm syvä. Turvatyyny työntyy ulos oviverhouksen ratkeamissaumasta ja täyttyy ovea vasten. Oveen sijoitetut turvatyynyt ovat sähköisesti ohjattuja järjestelmiä. [3, s. 63.]

Turvaverhot ja ikkunaturvatyyny ovat tulleet osaksi sivutörmäyssuojarakenteita. Sivuturvatyynyjen lisäksi autossa voi olla matkustamon sivuille, yleensä kattoon, integroidut turvaverhot. Nämä toimivat sivutörmäyksissä ja pyörähtämisonnettomuuksissa ja suojaavat matkustajia lähinnä pää- ja ylävartalovammoilta. Turvaverho on eräänlainen turvatyyny, mutta sen toiminta-aika on yleensä pidempi. Se tarjoaa suojaa ja estää matkustajia paiskautumasta sivuikkunoista ulos. Se myös pysäyttää lasinsirpaleet ja ulkoa lentävät esineet. Kaasunkehittimen vaakatasoiset kanavat täyttyvät kaasusta ja täyttävät turvaverhon noin 30 ms:ssa. Järjestelmän osat on piilotettu oven karmin yläpuolelle kattoon, yleensä A- ja D-pilarin välillä joko yksi- tai useampiosaisena. Turvaverhot kykenevät sitomaan vähintään 50 % energiasta, joka syntyy pään heilahtaessa ikkunaa vasten sivukolareissa. Ikkunaa peittävällä tur-

vatyynyllä on useampia nimityksiä kuten turvaverho, ikkunaturvatyynty, turvakaihdin ja patja. [3, s. 64 ja 103; 38.]

4.6.3 *Liukumista estävä turvatyynty*

Uusista turvatyyntyjärjestelmistä löytyy etupenkien istuinosasta liukumista estävä turvatyynty. Se voi olla kaksi peltilevyä, jotka on hitsattu yhteen ja sen putkimainen kaasunkehitin on sijoitettu tyynyn alle. Tyynyn täytyessä istuinosan sisällä se nostaa istuimen etuosan ylös muodostaen voimakkaan kohouman ja sitoo istujan kiinni penkkiin. Peltisessä tyynyssä kohouma muotoutuu lantion osuessa siihen ja paine tasaantuu venttiilin kautta. Tyyny nousee täytyessään noin 3–8 cm. Istuja ei pääse valumaan turvavyön ali ja tämä vähentää onnettomuuksissa syntyviä lantiovammoja. Aikaisemmin turvavyön aliluiskahtaminen yritettiin estää penkkiin muotoilulla kohoumalla ja turvavyön esikiristimillä. [3, s. 63; 26, s. 104–105.]

4.6.4 *Jalankulkijaturvatyynty*

Jalankulkijoidenkin turvallisuuteen on alettu panostamaan entistä enemmän. Joihinkin autoihin on tullut jalankulkijoita ja pyöräilijöitä suojaavia turvatyyntyjä. Turvatyynty täyttävät patjana konepellin ja tuulilasin päälle. Euro NCAP -turvaluokitukseen on lisätty jalankulkijoiden onnettomuusriskiä mittaava arviointi. Siinä törmätään aikuis- ja lapsinukkeihin 40 km/h nopeudella. Ajoneuvolle myönnetään sitä enemmän turvallisuuspisteitä, mitä lievemmin jalankulkija vammautuu. [3, s. 65.]

4.6.5 *Takapenkin turvatyynty*

1990-luvun alussa Nissan alkoi tarjota Japanissa myytyyn President-malliinsa lisävarusteena takamatkustajan turvatyyntyä. Mutta etupenkin säädön kaventumisen takia, sen sai vain etumatkustajan takana olevalle paikalle. Etupenkistä täytyi poistaa kallistuksen säätö kokonaan ja pienentää penkin siirtovaraa puolella. Takatyynty on 95-litrainen eli kuljettajan (70 litraa) tyynyä hiukan isompi, mutta pienempi kuin etumatkustajan (150 litraa) tyyny. Kun kaikki kolme tyynyä laukeavat samaan aikaan, pitää auton sisällä olevan ilmaa puristua 315 litraa pienempään tilaan 50 ms:ssa. Tällainen painemuutos aiheuttaisi auton sisällä olijoille kuulovaurioita. Tämä edellyttää erillisen ilmanpoistiventtiilin rakentamista. Venttiilin avulla pystytään tasamaan ohjaamon sisällä oleva ilmanpaine onnettomuustilanteessa. [39.]

4.6.6 Kuljettajan polviturvatyyny

Esimerkiksi Toyota Corollasta löytyy kuljettajan polviturvatyyny. Se on sijoitettu ohjauspyörän alle suojaamaan kuljettajan polvet ja reisiluut törmäystilanteessa. Tyyny antaa suojaa niin pitkille kuin lyhyille kuljettajille eri istuma-asennoissa. [40.]

4.6.7 Ilmatyyny-turvavyö

Ford on tietävästi ensimmäinen automerkki, joka saa turvatyynyillä varustetut turvavyöt (kuva 3) sarjatuotantoon. Ilmatyyny-turvavyö on suunniteltu parantamaan takapenkillä olevien lasten ja vanhusten turvallisuutta. Turvatyynyn turvavyöissä on luvattu jakavan törmäyksestä aiheutuva paine viisi kertaa isommalle alueelle kuin tavallinen turvavyö. Vyö täyttyy kolaritilanteessa turvatyynyn tapaan, mutta hiukan hitaammin. Se myös säilyy täytettynä pidempään, eikä täyty niin kovaksi. [42.]



Kuva 4. Ilmatyyny-turvavyö [41]

4.7 Turvatyynyjärjestelmän osat

Turvatyynyjärjestelmän toiminnasta vastaa mekaanisista ja sähköisistä osista koostuva laitteisto, jonka voi jakaa perusosiin. Tärkeimpiä laitteiston osista ovat kiihtyvyyssanturit, ohjainlaite, turvatyynymoduuli ja näiden osien välinen johdotus. Turvatyynyjen koossa ja sijoituksessa saattaa olla eroavaisuuksia riippuen automallista, mutta perustoimintaperiaate on lähes sama kaikkien turvalaitevalmistajien tuotteissa. [28, s. 75.]

4.7.1 Kiihtyvyyssanturi

Kiihtyvyyssanturi mittaa jatkuvasti auton nopeuden muutoksia. Laitteen valmistaja on määrittänyt anturin toiminta-arvot automallikohtaisesti. Mekaanisen kiihtyvyyssanturin toiminta voi perustua jousen ja massan, elohopean tai elektromagneettiseen toimintaan. Yksinkertaisimmillaan kiihtyvyyssanturissa voi olla jousen avulla pingotettu paino, joka tarpeeksi suuren törmäysvoiman avulla voittaa jousen vastuksen, ja painon lähtiessä liikkeelle aiheutuu oikosulku. Ohjainlaite saa tiedon tästä oikosulusta ja aloittaa oman toimintansa. Nykyään kiihtyvyyssanturit toimivat yleensä hiukan kehittyneemmällä tekniikalla. Mekaanisen tunnistimen tehtävänä on varmistaa törmäystilanne yhdessä sähköisen tunnistimen kanssa. Useampi tunnistin varmistaa toistensa toimintaa ja tarkkailee eri törmäyssuuntia. Yhden anturin häiriö tai väärä signaali ei tällöin aiheuta tyynyjen laukeamista. [3, s. 46; 14, s. 17; 28, s. 76.]

Suomalaisen Vaisalan kapasitiivisessa kiihtyvyyssanturissa on umpinaisen rungon sisällä suljettu massa, joka on ripustettu runkoon jousen avulla. Rungon nopeuden muuttuessa pyrkii massa jäämään jälkeen liikkeestä. Jousi tasapainottaa massan hitausvoiman siten, että massan siirtymä rungon suhteen on verrannollinen rungon kiihtyvyyteen. Massan ja rungon välinen etäisyys on alle 4 μm . Anturin jousi, massa ja runko ovat piitä ja koko anturi on vain alle 5 mm suuntaansa. Anturia käytetään turvatyynyjen ja turvavyökiristimien lisäksi aktiivijousitusjärjestelmissä ja lukkiutumattomissa jarrujärjestelmissä. [14, s. 17; 16, s. 13.]

4.7.2 Ohjainlaite

Järjestelmässä on yleensä yksi ohjainlaite, joka on sijoitettu keskitunnelin päälle tai muulle keskeiselle paikalle autossa. Se toimii turvatyynyjen ja turvavyön kiristimien ohjaajana. Se saa käyttövirtansa auton akusta, mutta se myös varastoi turvalaitteiden laukaisun tarvitseman varasähkön siltä varalta,

jos vaikka akku vioittuu törmäyksessä. Ohjainlaitteen tehtävänä on kerätä kaikkien kiihtyvyyssantureiden ja muiden antureiden tiedot yhteen, ja varmistaa että törmäyksessä on riittävän suuri ja pitkäkestoinen hidastuvuus. Saamiensa tietojen perusteella ohjainlaite päättää mitä laitteita laukaistaan ja lähettää oikealla hetkellä laukaisukäskyt turvatyynymoduuleille ja turvavyön kiristimille. Käskyt voivat lähteä joskus jopa pienellä viiveellä, jotta turvatyyny olisi juuri oikeassa vaiheessa täysi. Tiedot siitä, milloin on oikea aika laukaista turvalaitteet, tutkitaan auton suunnittelu vaiheessa törmäyskokeilla ja tallennetaan sitten järjestelmän keskusyksikön muistiin automallikohtaisesti. [3, s. 44–45; 28, s. 76 ja 80.]

Ohjainlaitteen laukaisujen oikean ajan laskemisessa avustavat ohjainlaitteesta löytyvät lämpötila-anturi, ASIC-integroitu laskentayksikkö sekä MCU-mikroprosessori. Lämpötila-anturi mittaa ohjainlaitteen sisäistä lämpötilaa. Tätä lämpötilaa käytetään korjaussuureena, kun määritellään kiihtyvyystietoja ja laukaisutapahtumaa. ASIC-integroitu laskentayksikkö muokkaa kiihtyvyyssanturin signaalia, suodattaa häiriötä ja valvoo raja-arvoja. MCU-mikroprosessorin tehtävänä on laskea ja suunnitella turvalaitteiden laukaisun ohjausta. [3, s. 47.]

Koska järjestelmää tarvitaan erittäin harvoin ja sen toimintakuntoa on vaikea testata, toisin kuin esimerkiksi tuulilasinpyyhkimien, tekee turvajärjestelmän yhteyteen kehitetty diagnostiikkajärjestelmä itsetestejä. Se testaa järjestelmän kunnan tarkkailemalla osien sähköisiä vasteita. Testeillä pyritään havaitsemaan järjestelmässä tapahtuvat häiriöt mahdollisimman nopeasti. Vi-oista tallentuu vikakoodi ja varoitusvalo syttyy, jolloin kuljettaja saa tiedon epäkunnossa olevasta turvalaitejärjestelmästä. Toimintahäiriöiden aiheuttajia voivat olla esimerkiksi huollossa väärin asennettu ohjauspyörä, joka on katkaissut ohjauspyörän turvatyynymoduulille menevän johtimen, kosteus liittimissä tai ohjauspyörän liukurenkaan kulumisesta aiheutunut huono kosketus. Diagnostiikkajärjestelmä ei voi kuitenkaan testata kokonaan mekaanisesti toimivia turvavyön kiristimiä, jotka toimivat täysin itsenäisesti. Näiden toimintakuntoa pystyy tutkimaan vain silmämääräisesti. Toimintahäiriöiden lisäksi ohjainlaite tallentaa törmäyksessä tapahtuneet toiminnot. [3, s. 42–43; 14, s. 17; 28, s. 76–77.]

4.7.3 Turvatyynymoduuli

Turvatyynymoduuli toimii itsenäisesti laukaisukäskyn saatuaan. Sen toiminta kestää noin sekunnin kymmenesosan, jossa ajassa tyyny täyttyy, suojaa matkustajaa ja tyhjenee. Turvatyynymoduuli on kokonaisuus, joka sisältää kaasunkehittimen, sen päälle sijoitetun tyynyn ja metallirungon. Kuljettajan turvatyynymoduuliin kuuluu lisäksi myös muovinen kansi. Etumatkustajan turvatyynyssä voi olla mukana erillinen kansi tai sitten tyyny voi olla sijoitettuna yhtenäisen kojelaudan alla, jolloin koko kojelauta pitää vaihtaa turvatyynyn lauettua. Moduulia ei voi purkaa osiin, mutta sen voi helposti vaihtaa kokonaisuutena. Itsenäisesti toimiva kuljettajan turvatyynymoduuli toimii ilman ohjausyksikköä. Tällainen vanhanmallinen turvatyynymoduuli sisältää kiihtyvyysanturin. Kuljettajan ja etumatkustajan turvatyynymoduulit ovat hieman erimallisia. [28, s. 76 ja 80.]

4.7.4 Kaasunkehitin

Kaasunkehitin tuottaa typpikaasua jolla turvatyyny täyttyy. Typpikaasua syntyy erilaisten aineyhdistelmien palamistuotteena. Yksi kaasunkehitin sisältää 50–200 g räjähdettä. Kaasunkehittimen koko määräytyy turvatyynyn (pussin) koon mukaan. Palamistuotteen, esimerkiksi tablettityyppisen polttoaineen, joka voi olla vaikka natriumatsidia, palamisnopeuden pitää olla riittävän suuri, koska tyynyn pitäisi olla täyttynyt enintään 30 ms. Syntynyt kaasu suodatetaan ennen tyynyyn menoa, jotta se puhdistuisi ja viilenisi. [6, s. 54; 30, s. 81.]

Kaasunkehittämiä voi olla hiukan erilaisia. Se voi koostua alumiinikuoresta, joka on jaettu keskuskammioon ja kahteen kehäkammioon. Keskuskammiosta löytyy sähkösytytin ja sytytyspanos. Nämä ovat kanavien kautta yhteydessä kehäkammioon, jossa on polttoaine. Polttoaineen palaessa kaasut pääsevät metalliverkkosuodattimen kautta täyttämään tyynyä. Toisenlainen kaasunkehitin on metallikuorinen kiekko, jonka keskellä on nalli, joka laukaistaan kipinällä. Nallin ruudin palettua pari millisekuntia, syttyy sen ympärille sijoitettu kiinteä käyttöaine, joka palaa räjähdysmaisesti tuottaen hyvin suuren määrän kaasua. [3, s. 54; 28, s. 81.]

län mukana saattaa tulla ongelmia, kun kaasunkehittimen kuori on usein käsittelemätöntä metallia, joka on alttiina ruosteelle. Joissakin käytössä olevis-

sa turvatyynymalleissa saattaa olla vuotoja, joka aiheuttaa paineenlaskua, josta myös aiheutuu laukaisimien nallien toimintakunnon laskua. [28, s. 76]

Uudempi kaasunkehitinmalli on niin sanottu hybridi- eli yhdistelmäkaasunkehitin. Se toiminta perustuu paineakkuun, eli muutaman desilitran kammioon, johon on ahdettu turvatyynyn täyttymiseen tarvittava määrä argonkaasua. Paineakun sisällä kaasu on 200–300 barin paineessa. Lauetessa nalli rikkoo painesäiliön kannen ja sytyttää kiinteän käyttöaineen. Kiinteää käyttöainetta tarvitaan yhdistelmäkaasunkehittimessä vain murto-osa perinteiseen kaasunkehittimeen verrattuna. Palava kiinteä aine lämmittää kaasua, joka vapautuessaan paineistuksesta on viilennyt merkittävästi johtuen kaasujen fysikaalisista ominaisuuksista. [28, s. 81.]

4.7.5 Turvatyyny

Itse turvatyyny on ohuesta polyamidikankaasta tai vastaavasta materiaalista valmistettu pussi. Se on laskostettu tiukasti turvatyynymoduulin keskelle. Pussi on muotoiltu siten, että täytyttyä sen muoto on optimaalinen törmääjän asentoon nähden. Tarkoituksena on saada törmäysvoimat jakautumaan mahdollisimman laajalle alueelle. Kaasunkehittimen muodostama kaasu johdetaan tyynyyn, joka täytyessään halkaisee kannen valmiina olevaa murtolinjaa pitkin. Tyyny täytyy kokonaan ja ottaa vastaan matkustajan ja alkaa tyhjentyä. Tyhjentymisen tapahtuu pussin takana olevista aukoista. Törmäyksessä ihminen ei ehdi havaita tyynyn toimintaa kuin ehkä valkoisena välähdyksenä. Tyynyn laukeaminen aiheuttaa pölypilven. Se aiheutuu talkista tai vastaavasta liukastusjauheesta, jota on tyynyn pinnalla edistämässä nopeaa aukeamista. [3, s. 55; 28, s. 81.]

4.7.6 Kellojousi

Kellojousen tehtävänä on syöttää kuljettajan turvatyynylle virtaa ohjauspyörän asennosta riippumatta. Osalle löytyy monta nimeä, kuten kellojousi, yhdysjousikaapeli ja kosketinrulla. Se on sijoitettuna rattiakselin keskiön päälle. [3, s. 40 ja 56.]

Kellojousessa johdin on kelattu rullalle, joka löystyen tai kiristyen sallii ohjauspyörän pyörimisen. Turvatyynyn johtimen lisäksi siinä voi olla sähkökytkennät äänitorvea ja mahdollisia muita ratista löytyviä varusteita varten. Turvatyynyn lauettua yhdysjousikaapeli pitää vaihtaa, koska se sulaa yleensä liittimestä jonkun verran. Itsenäisesti toimivissa ohjauspyörämoduuleissa,

viedään ohjauspyörään vain käyttöjännite liukurengasta pitkin. Liukurenkaassa kohtiot laahaavat kosketuspintaa vasten ja sallivat näin ohjauspyörän pyörimisen. Liukurenkaan kontakti saattaa heiketä ajan myötä. [3, s. 56; 28, s. 80.]

Yhdysjousikaapeli, jossa on kellojousi, muodostuu kahdesta levystä, joista alempi on kiinnitetty ohjauspyörän keskiöön ruuveilla. Ylempi levy kiinnittyy ohjauspyörän akseliin ja pyörii ohjauspyörän mukana. Levyjen sisällä on turvatyyny-moduulin ja muiden ohjauspyörästä löytyvien varusteiden johtimet kierrettynä spiraaliksi, joka sallii ohjauspyörän kääntämisen. Yhdysjousikaapeli, joka on varustettu kuparinauhalla, on samantapainen laite kuin kellojousi. Kellojousen tilalla on vain kuparinauha, joka on päällystetty muovipinnoitteella. Koska laitteessa ei ole joustaa, ei siinä synny palautusvoimaa. [3, s. 56–57.]

4.7.7 *Diagnoosiliitin*

Järjestelmään kuuluu myös diagnoosiliitin. Sen kautta voidaan tutkia järjestelmän vikoja tai ohjelmoida järjestelmää osien vaihdon tai poiston yhteydessä. [3, s. 41.]

4.7.8 *Liitokset*

Turvatyynyjärjestelmissä käytettäville liitoksille ja liittimien kosketuspinnolle on asetettu erittäin suuret laatuvaatimukset. Osa liittimistä on päällystetty kullalla hyvän sähkönjohtavuuden varmistamiseksi. Pistokerakenteet on usein varmistettu kaksoislukituksella. Pistokkeet ovat myös värikoodattuja. Sytytyspanoksia lähempänä oleva liitin on oikosulkeva. Samaten ohjainlaitteen kampaliitin on oikosulkeva. Oikosulkeutuva liitin yhdistää liittimen navat yhteen, minkä johdosta virtapiirin osat asettuvat samaan potentiaaliin. Tällä estetään tahattomat laukaukset, joita saattaa syntyä käytettäessä ohmimittaria tai staattisissa jännitepurkauksissa. [3, s. 48.]

MUITA TURVALLISUUS JÄRJESTELMIÄ

4.8 Kokoonpuristuvat vyöhykkeet

Auton etu- ja takaosaan rakennetaan runkoon kokoonpuristuvat vyöhykkeet, jotka ohjaavat törmäystilanteessa syntyvät törmäysvoimat laajalle alueelle hallitusti ja sitovat törmäysvoimia. Näillä saadaan sopiva hidastuvuuden muutos varsinaisessa matkustamossa. Matkustamo on vahvistettu vahvemmillä ikkunapilareilla ja muilla lisätuilla pitääkseen matkustamo mahdollisimman hyvin muodossaan myös sivulta tulevissa törmäyksissä. Myös ohjauspylväs ja jarrupoljin voivat olla kokoonpainuvia, jotta ne eivät vahingoittaisi kuljettajaa etupää-törmäyksissä. [27, s. 12; 43, s. 12.]

4.9 Kolariyhteensopivuus

Nykyään parannellaan myös autojen kolariyhteensopivuutta. Tässä pyritään siihen, että minkään auton matkustamo ei kärsisi suurta muodonmuutosta vaikka kolariautot olisivatkin täysin erikokoisia ja mallisia. Korkean maavaran ja korkealla olevan puskurin omaavien autojen eturakenteisiin on asennettu poikittaispalkki, joka auttaa kolareissa suojaamaan matalampaa autoa. Poikittaispalkin on tarkoitus aktivoida vastapuolen auton törmäysvoimia sitovat vyöhykkeet ja muut turvallisuusjärjestelmät. [3, s. 33; 43, s. 15.]

4.10 Retkahdusvammojen esto

Etupenkkeihin on retkahdusvammoja estäviä järjestelmiä. Esimerkiksi Volvo käyttää henkilöauton etupenkkeihin asennettavasta vaimennuslaitteesta nimeä WHIPS (whiplash protection system). Järjestelmä on parhaimmillaan pienissä nopeuksissa sattuneissa törmäyksissä. Suurin osa retkahdusvammoista aiheutuu nopeuksissa 10–20 km/h sattuneissa törmäyksissä. Piiskaheilahdusvammoja sattuu yleensä peräänajoissa, joissa ylävartalon raju liike aiheuttaa valtavan paineen kaularankaan. [3, s. 66.]

WHIPS-järjestelmä sisältää korkean pääntuen lähellä päätä ja hyvin suunnitellun selkänojan. Peräänajossa ihminen liikahtaa taaksepäin yhdessä selkänojan kanssa. Tavallisissa istuimissa selkänoja toimisi jousen lailla ja sinkeiksi istujaa vielä voimakkaammin eteenpäin. WHIPS-järjestelmässä törmäysenergian vaikutuksia vähennetään penkkien muodonmuutoselementtien avulla. [3, s. 67.]

WHIPS-järjestelmä toimii tavallisen istuimen tapaan, mutta siinä on WHIPS-laukaisumekanismi. Mekanismi on asennettu kumpaakin etupenkin kääntöniveleeseen. Järjestelmä aktivoituu istuimen liikkua eteenpäin ja matkustajan painautuessa selkänokkaa vasten. Peräänajon sattuessa penkin selkänokkaa liikkuu pääosin yhdensuuntaisesti taaksepäin. Yhdensuuntaisen liikkeen mita on noin 50 mm. Tavallisessa istuimessa matkustaja retkahtaisi nyt eteenpäin, mutta tässä järjestelmässä selkänokkaa alkaa kallistua taaksepäin enintään 15 astetta. Järjestelmän toiminta on havainnollistettu kuvassa 4. Tällöin muodonmuutoselementtinä toimiva yhdyslevy antaa periksi ja jarruttaa pehmeästi liikettä sitoen törmäysenergiaa. Työliikkeen rajoittimella varustetut jouset jakavat voiman tasaisesti koko selän alueelle. [3, s. 68.]



Kuva 5. Volvo WHIPS-järjestelmä [44]

4.11 Niskatuki

Peräänajetun auton kuljettaja tai matkustaja saattaa saada pahoja vammoja, jos niskatuki ei ole oikein säädetty. Kenenkään omat niskalihakset eivät kykene vaimentamaan törmäyksen voimia. Pään paino ja vartalon pyrkimys jatkaa matkaa auton pysähtyessä äkisti, aiheuttavat edestakaisen liikkeen, jolloin selkäranka voi venähtää tai luut, verisuonet tai hermoradat vioittua. Käytössä oleva turvavyö ja oikein säädetyt selkänokkaa ja niskatuki parantavat turvallisuutta oleellisesti. Selkänokkaan tulee olla riittävän pystyssä ja niskatuen

yläreuna samalla korkeudella kuin päälaki. Ihmisen pitäisi istua mahdollisimman lähellä selkänojaa ja niskatukea. [21, s. 45.]

4.12 ”Pop-up”-konepeitto

Honda Legendistä löytyvä niin sanottu pop-up-konepeitto, suojaa konepellin päälle kaatuvia jalankulkijoita. Etupuskurissa olevat tunnistimet välittävät tiedon törmäyksestä ohjausyksikölle, joka lähettää räjähdyspanoksille käskyn nostaa konepellin takaosaa ylöspäin. Tällöin konepellin ja moottorin kovien osien väliin jää joustavaa tilaa, mikä vähentää jalankulkijoiden päävammoja. Järjestelmään kuuluu myös nopeusanturi, jotta konepelti ei turhaan nousisi pienissä osumissa. [40.]

5 YHTEENVETO

Koska auton turvallisuus on todella laaja aihe, halusin ottaa pari mielestäni tärkeintä auton turvallisuusjärjestelmää lähempään tarkasteluun. Tässä insinööriyössä tutustuttiin hiukan auton turvallisuuteen yleisesti, ja lisäksi käsiteltiin tarkemmin turvavöitä ja turvatyynyä. Lisäksi tutustuttiin muutamaaan muuhun auton passiiviseen turvallisuusjärjestelmään.

Turvavyö on yksi vanhimmista auton turvallisuutta lisänneistä järjestelmistä. Sen historia ulottuu tuonne 1800-luvulle, mutta varsinaisesti se on ollut osa auton turvallisuutta vasta noin 60 vuotta. Näiden vuosien aikana sen toiminnassa on tapahtunut paljon muutosta, vaikka sen ulkoinen olemus onkin pysynyt aikalailla samanlaisena. Turvavyön malli on muuttunut lantiovyöstä kolmipistevyöhön. Ensimmäisenä kolmipistevyöhön lisättiin rulla, joka paransi yössä liikkumista. Sitten tuli turvavyön esikiristimet, kiristämään turvavöitä löysät pois törmäyksen sattuessa. Viimeisimpänä keksintönä turvavöihin on tullut turvavyömuistutin, joka muistuttaa ihmisiä unohtuneista turvavöistä.

Tutkimusten mukaan turvavyön käytön lisääntyminen on vähentänyt huomattavasti kuolemia ja vakavia loukkaantumisia onnettomuuksissa. Mutta pitää muistaa, että muutkin turvallisuusjärjestelmät ovat kehittyneet samaan aikaan, joten turvavyö ei voi ottaa täyttä kunniaa näistä onnettomuuksista pelastuneista ihmisistä.

Jo 1940-luvulla keksijät suunnittelivat turvatyynyjä, mutta toteutus ei onnistunut ihan heti. Vasta 20–30 vuotta myöhemmin saatiin sellainen turvatyyny, joka toimi, eikä aiheuttanut toiminnallaan liian suurta haittaa matkustajille. Vaikka nykyisetkin turvatyynyt saattavat aiheuttaa lauetessaan vammoja, eivät ne ole läheskään niin pahoja kuin ne, mitä tulisi ilman turvatyynyä. Turvatyyny suojaa parhaiten käytettäessä turvavöitä ja istuttaessa penkissä oikein.

Turvatyynyllä ja turvavyön esikiristimillä on yleensä yhteinen ohjainlaite, joka lähettää laukeamiskäskyt erilaisilta tunnistimilta saamiensa tietojen perusteella. Turvatyynyn oikea aikainen laukaisu on tärkeää, jotta tyyny on ehtinyt juuri täyttyä, kun ihminen osuu siihen. Nykyään turvatyynyjä on vaikka minikälaisia ja koko ajan kehitellään lisää. Ensimmäinen turvatyyny autossa oli kuljettajan turvatyyny ohjauspyörässä ja vähän sen jälkeen tuli autoihin etu-

matkustajan turvavyö. Sitten on tullut erilaisia sivu-, takamatkustajan-, turvavöiden- ja jalankulkijoiden turvavyöjä.

Auton turvallisuus on aihealue, jota kehitetään koko ajan. Uutta tietoa tulee vähän väliä, ja automerkit lisäävät autoihinsa uusia tai paranneltuja turvallisuusjärjestelmiä joka vuosi. Tässä työssä esittämäni nykyiset järjestelmät jäävät siis luultavasti pian vanhoiksi ja tilalle tulee uudet, kehittyneemmät ja turvallisemmat järjestelmät. Koska järjestelmistä on erilaisia versioita eri valmistajilla, on minulta voinut jäädä jokin turvavyö- tai turvavyömalli käsittelemättä. En saanut kaikkea tietoa turvavöistä tai turvavyöistä insinööri-työhöni, mutta siitä saa aikaan hyvän käsityksen miten ne ovat kehittyneet, miksi niitä tarvitaan ja miten ne toimivat.

VIITELUETTELO

- [1] Autoalantieto. *Liikenneturvallisuus*. [verkkodokumentti, viitattu 31.03.2010]. Saatavissa: http://www.autoalantieto.fi/body_turva.asp.
- [2] Mattila, Ilpo, Liikenneturvallisuus 1953–2003: Kohti turvallisempaa liikennettä. *Tekniikan Maailma* 7 (2003), s. 164–167.
- [3] Kangastupa, Timo, *Kori- ja alustaelektroniikka*. Helsinki: WSOY. 2005.
- [4] Autoliitto. *Euro NCAP*. [viitattu 21.4.2010]. Saatavissa: http://www.autoliitto.fi/testit_ja_ajoneuvot/kolaritestit/euro_ncap/.
- [5] Viitanen, Jorma. *Turvavyö on halvin ja tehokkain turvavaruste*. Tuulilasi. 17.5.2006. Saatavissa: <http://www.tuulilasi.fi/artikkelit/turvavyo-halvin-ja-tehokkain-turvavaruste>.
- [6] Laaksonen, Hannu, TM lääkäri: Turvavyön historiaa. *Tekniikan Maailma* 1 (1982), s. 104–105.
- [7] Johansson, Nils, Hengenpelastaja: turvavyö on keksintö, jota kehitetään edelleen. *Volvo visiitti* 1 (2003), s. 24–25.
- [8] Laaksonen, Hannu, TM lääkäri: Turvavyö – turvalaitteista paras. *Tekniikan Maailma* 2 (1982), s. 96–97.
- [9] Merilinna, Martti, TM testi: Turvavyöt. *Tekniikan Maailma* 9 (1979), s. 58–64.
- [10] Laaksonen, Hannu, TM lääkäri: Turvavyön tulevaisuus. *Tekniikan Maailma* 5 (1982), s. 132–133.
- [11] Juurikkala, Eero, Mihin auton turvallisuus riittää? *Tekniikan Maailma* 19 (1971), s. 34–38.
- [12] Merilinna, Martti, Kohta täällä: Paremmat turvavyöt. *Tekniikan Maailma* 11 (2001), s. 4–5.
- [13] Liikenneturva. *Turvavyö*. Tietolehti 2010. [verkkodokumentti, viitattu 31.3.2010]. Saatavissa: http://www.liikenneturva.fi/tietolehti/2010/ruskeat/turvavyon_kaytto.php.
- [14] Pynnä, Kari, Kolariturvallisuus: Turvatyynyt, turvavyöt ja turvakaari. *Tekniikan Maailma* 15 (1993), s. 16–19.
- [15] Parviainen, Eila, Turvavyö on turvalaitteista halvin, nopein ja varmin. *Moottori* 11–12 (1998), s. 44–45.
- [16] Valkama, Ilkka, Turvavyö – nimensä väärsti turvalaite. *Taksi* 5 (1998), s. 14–16.
- [17] Palosuo, Kari, Turvavyö ei ole turha vyö. *Liikennevilkku* 1 (1993), s. 8–9.

- [18] Turvavyö on autosi paras turvavaruste: Törmäyksessä painat tonneja. *Moottori* 4 (1994), s. 67.
- [19] Turvavyö. *Liikenneturvan tietolehti* (2003).
- [20] Turvavyö yhä tärkein. *Tuulilasi* 7 (2009), s. 23.
- [21] Lähdevuori, Laura. *Onnea, 50-vuotias turvavyö!* Tekniikka & Talous. 13.8.2009. Saatavissa: <http://www.tekniikkatalous.fi/duuniauto/article316831.ece>.
- [22] Liikenneturva. *Turvavyö jää käyttämättä etenkin takapenkillä.* [verkkodokumentti]. 1.6.2009 [viitattu 1.6.2010]. Saatavissa: http://www.liikenneturva.fi/www/fi/uutispoyta/arkisto/index.php?we_objectID=5387.
- [23] Sukola, Reijo, TM tutkii: Turvavyöpakko takaistuimelle. *Tekniikan Maailma* 14 (1988), s. 68–73.
- [24] Liikenneturva. *Turvavyömuistutin lisää turvallisuutta.* [verkkodokumentti] 17.2.2010 [viitattu 17.2.2010]. Saatavissa: http://www.liikenneturva.fi/www/fi/index.php?we_objectID=6454.
- [25] Pynnä, Kari, Kolariturvallisuus: Turvatyynyt, turvavyöt ja turvakaari. *Tekniikan Maailma* 15 (1993), s. 16–19.
- [26] Domonyi, Harri, Turvatekniikassa tapahtuu: Uuden turvatyynyn paikka. *Tekniikan Maailma* 13 (2002), s. 104–105.
- [27] Pynnä, Kari, Turvatyyny: Elävänä törmäyksestä. *Tekniikan Maailma* 2 (1995), s. 12–13.
- [28] Domonyi, Harri, Turvatyyny miehen iässä. *Tekniikan Maailma* 18 (2001), s. 74–81.
- [29] Sherman, Don (suom. Sihvonen, Jukka), W. Hetrickin turvatyyny: Väärin ajoitettu keksintö. *Tekniikan Maailma* 16 (1994), s. 41–42.
- [30] Sihvonen, Jukka, Tappaako turvatyyny: Yhdysvaltain turvatyynysota. *Tekniikan Maailma* 9 (1997), s. 38–41.
- [31] Mattila, Ilpo, Turvatyyny pelastaa: Vain valkoinen välähdys. *Tekniikan Maailma* 18 (1994), s. 55–56.
- [32] Auton turvatyyny (Airbag). *Liikenneturvan tietolehti* (2004).
- [33] Tuulilasi. *Turvatyyny 25 vuotta.* 8.11.2005. Saatavissa: <http://www.tuulilasi.fi/artikkelit/turvatyyny-25-vuotta>.
- [34] Sihvonen, Jukka, Turvatyynyn toinen puoli. *Tekniikan Maailma* 1 (1995), s. 12–13.
- [35] Inautonews. *Alfa Mito got five stars in Euro NCAP test.* [verkkodokumentti]. 26.11.2008 [viitattu 11.5.2010]. Saatavissa: <http://www.inautonews.com/alfa-mito-got-five-stars-in-euro-ncap-tests>.

- [36] Mäkelä, Timo, Ilmaa välissä: Airbag – Ilmapussi. *Tekniikan Maailma* 1 (1991), s. 42–43.
- [37] Näin toimii turvavyö: Iskujen pehmentäjä. *Auto Bild Suomi* 8 (2007), s. 45.
- [38] Mersulle turvavyö ikkunoihin. *Taksi* 1 (1998), s. 43.
- [39] Turvavyö takapenkille. *Suomen autolehti* 7 (1993), s. 23.
- [40] Virtanen, Pekka. *Törmättävinä Bravo, CR-V, Legend, Outlander ja Corolla*. Tuulilasi. 8.3.2007. Saatavissa: <http://www.tuulilasi.fi/artikkelit/tormattavina-bravo-cr-v-legend-outlander-ja-corolla>.
- [41] Hilavitkutin. *Ford esittelee ilmatyyny-turvavyön lapsille*. [verkkodokumentti]. 13.11.2009 [viitattu 31.3.2010]. Saatavissa: <http://www.hilavitkutin.com/tag/turvavyo/>.
- [42] Media.Ford.com. *Ford introduces industry's first inflatable seat belts to enhance rear seat safety*. [verkkodokumentti, viitattu 21.4.2010]. Saatavissa: http://media.ford.com/article_display.cfm?article_id=31360.
- [43] Volvo Auto Suomi. *Volvo ja turvallisuus*. [verkkodokumentti, viitattu 11.5.2010]. Saatavissa: <http://grab.volvocars.net/misc/ebrochure/MY08/FI/Safety/index.html>.
- [44] Volvo-tieto. *Volvo – WHIPS*. [verkkodokumentti, viitattu 11.5.2010]. Saatavissa: <http://volvo99.nettisivu.org/volvo-whips/>.

