

Bättre motorcykel- och räckesdesign kan rädda liv

Bakgrund

Allt fler kör motorcykel i Sverige – antalet motorcyklar har fördubblats under de senaste femton åren. Idag kan motorcyklar och andra tvåhjulingar fylla viktiga transportbehov för sina användare, och allt tyder på att ökad trängsel kommer att göra deras användning mer populär i framtiden. Dock är motorcyklister oskyddade speciellt i högre hastigheter där deras utrustning har mycket begränsad skyddsförmåga.

För att i framtiden kunna reducera allvarliga skador bland motorcyklister kommer ett systemperspektiv att behövas, dvs. alla komponenter av vägtransportsystemet måste samverka och kompensera varandra. Ett relevant exempel är vägräcken, som förbättrar säkerheten för de flesta trafikanter på vägen men inte i samma grad för motorcyklister. Ett mitträcke skyddar motorcyklister från mötande eller korsande trafik, men är i sig ändå farligt att köra in i, på samma sätt som ett sidoräcke. Sido- och mitträcken innebär tyvärr ofta högre skaderisker för motorcyklister än ett rensat sidoområde.

Räcken står för det vanligaste kollisionsobjektet i singelolyckor på mc. I en tidigare studie har Folksam och Trafikverket visat att cirka 5 motorcyklister omkommer varje år när de kör in i ett räcke (drygt 10% av alla dödade motorcyklister). Samma studie visade också att dagens olycksförlopp vid påkörning mot räcken fördelar sig relativt jämnt mellan att glida in i räckets, sittande på mc:n med islag i räckets ovanifrån, och sittande på mc:n med fall över räckets (Rizzi et al, 2012).

”Mc-vänliga” räcken, oftast i form av W-balk med Motorcyclist Protection System (MPS, s.k. underglidningsskydd), har installerats i andra EU-länder i större omfattning än i Sverige, t.ex. i Spanien, Italien, Frankrike och Tyskland. Det finns inte något vetenskapligt underlag om effektiviteten av dessa typer av räcken i verkliga olyckor. Testning av dessa räcken speglar en mc-olycka där en motorcyklist glider in i räckets, men i dagsläget finns det inte något krav på testning av räckets skyddsförmåga i kollisioner där motorcyklisten sitter kvar på motorcykeln (Grzebieta et al, 2013). Trafikverket har inlett ett försök med vägräcken med MPS på fem platser i landet och utvärdering av detta pågår.

Samtidigt håller Sveriges motorcykelpark på att förändras på grund av den snabba implementeringen av låsningsfria bromsar (ABS) och andra elektroniska stödsystem som Antispinn och Motorcycle Stability Control (MSC). Det är troligt att färre och färre motorcyklister kommer att glida in i räcken i framtiden, eftersom allt tyder på att ABS förbättrar stabiliteten och minskar risken att köra omkull (Rizzi et al, 2014; Teoh 2013; HLDI 2013; Roll et al, 2009). En mer upprätt position vid kollisionen med räckets gör i sin tur att ett integrerat skydd och designen av själva motorcykeln kommer att ha en allt större betydelse i framtiden.

Analys av mc-designen i verkliga olyckor

Själva motorcykeln ger begränsat skydd vid en kollision. Tidigare forskning har visat att 70 % av motorcyklister får någon form av benskada vid en olycka (Otte 1998). Andra studier har rapporterat att benskador står för cirka 50% av alla allvarliga skador bland motorcyklister (MAIDS 2004; NTHSA 2008). De flesta dödliga skador är huvudskador, även bland motorcyklister med hjälm (Dacota 2012; NTHSA 2008).

Den största delen av forskningen om integrerade benskydd har gjorts på 80- och 90-talet (Dacota 2012). En ganska enkel åtgärd har varit konventionella ”*crash-bars*”, vanligtvis tillverkade av stålrör som sticker ut från sidan av motorcykeln (Rogers et al, 1998), men en studie baserad på 133 djupstudier av mc-olyckor visade inga positiva effekter (Ouellet et al, 1987). Även om det fanns indikationer på att dessa *crash-bars* var tillräckligt robusta för att bevara benutrymmet i många kollisioner, hävdades det att detta inte var starkt relaterat till allvarliga benskador, eftersom benet ofta inte var kvar i benutrymmet vid kollisionen (Ouellet et al, 1987). Dessutom visade frontala krocktester

med konventionella *crash-bars* högre risk för bröst- och huvudskador på grund av rotationen av överkroppen (Rogers et al, 1998; Noordzijs et al, 2001).

I en ny studie har Folksam vidare undersökt möjligheten att skydda motorcyklisternas ben genom att analysera olyckor med ABS-motorcyklar av olika utformningar. Motorcyklar där motorn sticker ut framför förarens ben (s.k. boxermotor, se illustration nedan) jämfördes med liknande ABS-mc av samma kategorier. Cirka 180 sjukvårdsrapporter från 2003-2014 djupanalyserades och risken för bestående men jämfördes för olika kroppsdelar samt för hela kroppen.

Resultatet visar att på ABS-motorcyklar med boxermotorer halveras risken för benskadorna som leder till bestående besvär, allt annat lika (Rizzi et al, 2015). Resultatet var statistiskt signifikant och visade även att skadorna på överkroppen inte ökade med boxer-motorn.

Dessa resultat var något oväntade eftersom utformningen med boxermotor inte ursprungligen var designad för att skydda benet vid en kollision. Även om boxermotor i denna studie har visat sig minska risken för benskadorna bland motorcyklister är det viktigt att påpeka att Folksam inte nödvändigtvis rekommenderar en bred implementering av boxer-motorer. Detta är den första studien i världen att visa att det är möjligt att skydda motorcyklister med fordonsdesign och studien har publicerat i den vetenskapliga tidskriften *Traffic Injury Prevention* under våren 2015.



Figur 1: ett exempel på två olika mc-utformningar, till vänster visas hur en boxermotor ser ut framifrån och till höger en annan design.

Krocktester av motorcyklar mot räcke

Utifrån resultatet av Folksam's nya studie som visar att en viss typ av mc-design halverar risken för benskadorna bland motorcyklister i verkliga olyckor, utfördes ett antal krocktester för att visualisera effekten av motorcykelns design och hur den påverkas av/samverkar med mc-anpassade vägräcken.

Diskussioner pågår i Sverige kring en bred implementering av mc-vänliga räcken som gjorts i många andra EU-länder. Dock är trafiksäkerhetsnyttan fortfarande oklar. Dessa krocktester kan bidra med viktig information till vägghållare samt beslutfattare kring den verkliga potentialen av mc-vänliga räcken i framtiden.

Metod

Fyra krocktester genomfördes på VTIs krockbana i Linköping under april 2015. Själva testet innebar att en upprätt motorcykel kördes in i ett räcke med 10° kollisionsvinkel i 60 km/h. På motorcykeln satt en standard Hybrid III krockdocka med MC-skyddsutrustning (hjälm, stövlar etc). Valet av kollisionshastigheten och kollisionsvinkeln baserades på uppgifter från verkliga olyckor - medelhastigheten i svenska dödsolyckor är ca 85 km/h (Savino et al, 2014) och kollisionsvinkeln är mindre än 20° i ca 70% av räckesolyckor med mc (Rizzi et al, 2012).



Figur 2: överblick över krockbanan.

Motorcykeln och dockan placerades på en rigg som rörde sig på en räls, för att sedan fortsätta fritt 1-2 meter före räcket. Krocktesterna filmades med vanliga kameror och med höghastighetskameror, samt två GoPro kameror. Då testproceduren enligt ISO 13232 (ISO 2005) är alldeles för komplex och kostsam genomfördes inga accelerations eller kraftmätningar i dockan. Kontaktytor mellan dockan och räcket analyserades med hjälp av vit märkning, och skadeförloppet studerades med hjälp av filmerna och skadorna på MC-skyddsutrustningen. Följande kombinationer av mc och räcke testades.

Test 1: Vanlig MC (Ducati Monster 900) in i ett konventionellt W-räcke (EU-2).



Figur 3: mc och räcke i test 1.

Test 2: MC med boxer-motor (BMW R1150R) in i ett konventionellt W-räcke (EU-2).



Figur 4: mc och räcke i test 2.

Test 3: MC med boxer-motor (BMW R1150R) in i ett W-räcke med MPS av samma typ som testas av Trafikverket.



Figur 5: mc och räcke i test 3.

Test 4: MC med boxer-motor (BMW R1150R) in i ett W-räcke med MPS av samma typ som testas av Trafikverket, samt en prototyp av "överglidningsskydd". Detta skydd konstruerades på plats genom att montera samma W-balk på baksidan av stolparna och ett plaströr klämt mellan balkarna (se nedan).



Figur 6: mc och räcke i test 4.

Logiken bakom designen av testerna var att test 1 skulle kunna visa en "baseline", dvs. en vanlig motorcykel som krockar upprätt mot ett traditionellt räcke. Test 2 skulle visualisera skillnaden med en mc-design som skyddar benen. Test 3 och 4 skulle visualisera skillnaden när man går ytterligare två steg, dvs att räcket design är mer mc-anpassat på undersidan (test 3) och även på ovansidan (test 4).

Resultat

Samtliga tester kunde genomföras enligt plan. Endast små justeringar eller reparationer av dockan, motorcyklar och räcket var nödvändiga mellan testerna. MC-skyddsutrustningen byttes ut vid varje test.

Test 1 – vanlig MC mot konventionellt W-räcke (utan MPS)

Förlopp: den första träffen med W-balken skedde med dockans vänstra ben. Intryckningen i sidled blev kraftig och framhjulet kom nära stolparna. Dock kom inte framhjulet i kontakt med stolparna. MC:n gled mot balken i ca 5 m och delar av byxorna smälte på dockans V-ben. Dockan kastades på ovansidan utan att fastna, för att sedan ramla av räcket och slå in i marken.

Synliga skador: V-underarm, V-underben och knä, endast små repor på hjälmen.
Slutläge från rälsen: MC fortsatte rulla utan docka

docka 30 m, vid räcket, vägsida



Figur 7: förlopp och skador i test 1.

Test 2 – MC med boxer-motor mot konventionellt W-räcke (utan MPS)

Förlopp:

den första träffen med W-balken skedde med boxer-motorn. Detta gjorde att framhjulet höll sig långt från stolparna, men pga av balkens styvhet körde MC:n omkull direkt efter kollisionen. Dockan kastades upp

Synliga skador:
Slutläge från rälsen:

på räcknet och gled på ovansidan i några meter, för att sedan fastna i en stolpe på baksidan av räcknet med H-armen.

V-underarm och H-arm, bröst. V-ben och hjälm oskadade.

MC 30,5 m, vid räcknet
docka 18,5 m, på räcknet



Figur 8: förlopp och skador i test 2.

Test 3 – MC med boxer-motor mot W-räcke med MPS

Förlopp:

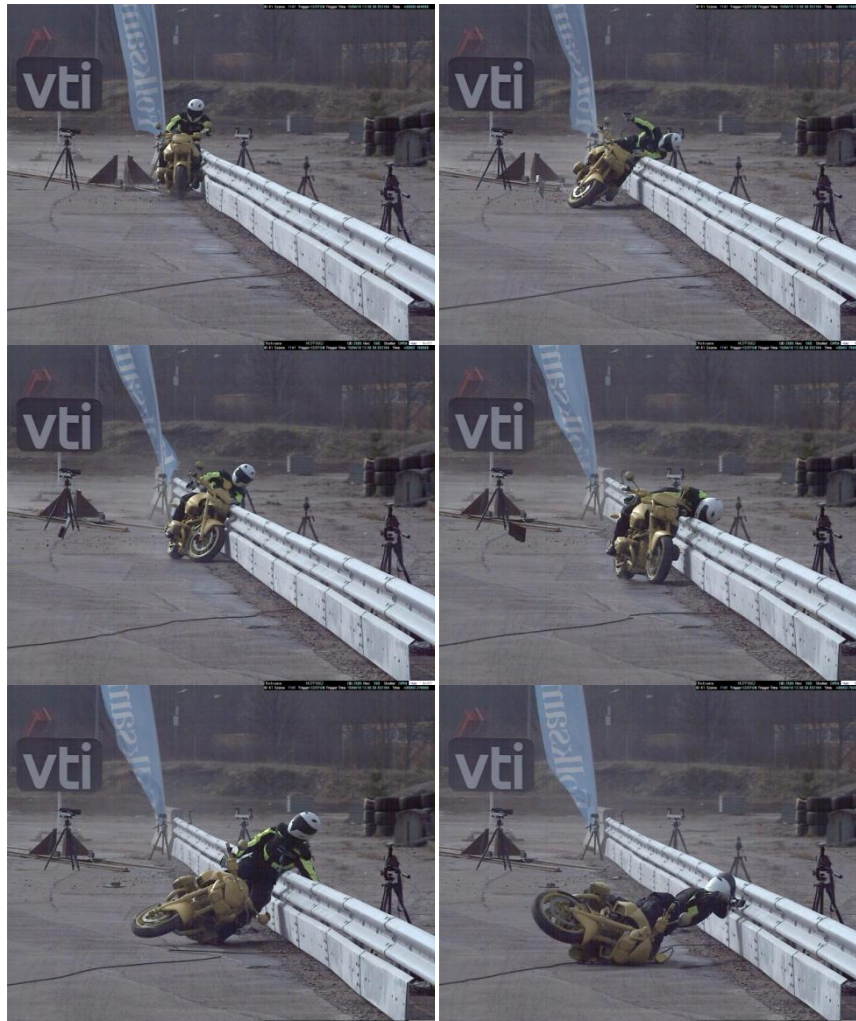
den första träffen skedde mellan boxer-motorn och MPS, som är mjukare än själva balken. MPS absorberade en del energi vilket gjorde att MC:n gled mot räcket en längre sträcka. Dockan gled på ovansidan och kom nära stolparna med huvudet och V-armen. Dock fastnade den inte och fortsatte på motorcykeln till slutpunkten.

Synliga skador:

V-underarm och hjälm. V-ben oskadat.

Slutläge från rälsen:

MC och docka 36 m, 1,2 m från räcket, vägsida





Figur 9: förlopp och skador i test 3.

Test 4 – MC med boxer-motor mot W-räcke med MPS samt "överglidningsskydd"

Förlopp:

den första träffen skedde mellan boxer-motorn och MPS. Som i test 3 absorberade MPS en del energi, dock körde MC:n omkull efter ca 11m. Då kastades dockan av motorcykeln och gled på ovansidan av räcket utan att fastna eller komma åt stolparna.

Synliga skador:

V-underarm och hjälm. V-ben oskadat.

Slutläge från rälsen:

MC 35 m

Docka 29 m, vid räcket, vägsida





Figur 10: förlopp och skador i test 4.

Jämförelse mellan krocktesterna

Analysen av test 1, dvs en vanlig mc mot ett traditionellt W-räcke, visade att den största skadan var mot vänsterbenet och att framhjulet kom farligt nära stolparna vid första kollisionen. Om detta händer, är det troligt att motorcykeln skulle ta tvärtstopp och att förloppet skulle likna en frontalkollision, vilket skulle ge ännu högre skaderisker för motorcyklisten.

Test 2 visade att dessa problem kan åtgärdas genom designen av motorcykeln, då cylindern höll avståndet mellan framhjulet och stolparna, och skyddade benet vid kollisionen. Det är naturligtvis viktigt att påpeka att även MPS skulle adressera problemet med framhjulet, men benskadorna skulle förmodligen kvarstå eftersom de kom från kontakten med själva balken (inte stolparna). Trots att kollisionsvinkeln var liten (10°), blev kollisionen mellan cylindern och balken kraftigt och mc:n körde omkull, vilket kastade dockan på ovansidan av räcket. Detta gjorde att förloppet ändå blev farligt då dockans högra arm fastnade i en stolpe.

Test 3 visade att problemet med omkullkörningen vid första kollisionen kan åtgärdas med en kombination av MPS och mc-design. Samverkan mellan cylindern och MPS gjorde att hela ekipaget kunde fortsätta längst med räcket efter den första kollisionen. Dock kvarstod problemet med ovansidan av räcket, eftersom dockan gled på den och kom farligt nära toppen av stolparnas, även om den inte fastnade.



Figur 11: första träffen i räcket i test 1 och test 3.

Slutligen så visade test 4 att detta kan åtgärdas genom att skydda räckets ovansida med någon form av slätare struktur. Syftet med detta test var att visa principen med att skydda från stolparna, snarare än att testa en specifik teknik lösning eller produkt. Dock visade testet att denna princip är tillämpningsbar och att den gav det lindrigaste olycksförloppet. Boxer-motorn i kombination med MPS skyddade benet vid den första kollisionen, och "överglidningsskyddet" gjorde att dockan gled på räckets ovansida utan att fastna.



Figur 12: dockan glider på ovansidan av räcket i test 3 och test 4.

Övergripande diskussion

Resultatet av Folksams studie om mc-designen i verkliga olyckor kan anses något oväntat eftersom denna typ av motorcykel inte ursprungligen var designad för att skydda vid en kollision. Den grundläggande idén var (och är fortfarande) att, eftersom dessa motorer är luftfyllda, ska cylindrarna få bättre luftström genom att sticka ut framför förarens ben. Detta är inte första gången man ser att fordonssäkerhet förbättras som en följd av slump, snarare än fokuserad utveckling (Strandroth et al, 2011), och reduktionen av skadorna är konsekvent med placeringen av cylindrarna. Det är viktigt att påpeka att Folksam inte rekommendera en bred implementering av boxer-motorer för att minska benskadorna bland motorcyklister.

Med andra ord, fördelarna med boxer-motorer när det gäller benskydd kan vara ett exempel på vad som kan uppnås med fordonsutveckling. Dessa resultat tyder på att principen av integrerat skydd kan tillämpas även på motorcyklar, och att fordonsindustrin borde vidareutveckla utformningen av motorcyklar. Andra tekniska lösningar skulle kunna användas, tex benkrockkuddar. Dessutom kan dagens acceptans hos konsumenterna vara högre än tidigare. Till exempel visade en svensk undersökning från 2010 att 80% av de intervjuade motorcyklister kommer att köpa en motorcykel med ABS vid nästa tillfälle (Nordqvist et al, 2010). Så var inte fallet för 20 år sedan.

Folksams krocktester visar att ett systemperspektiv för skydd av motorcyklister vid kollision med ett räcke har en stor potential. Förbättrad motorcykelstabilitet med t.ex. ABS är förutsättningen för att kunna designa ett effektivt integrerat skydd, då motorcyklisten sitter kvar på mc:n vid kollisionen. En anpassning av räcket till motorcykeln är mer än nödvändig, givet de stora skaderiskerna för motorcyklister med konventionella räcke. Dock kan betydelsen av själva motorcykeldesignen vara minst lika stor, och en ny studie från Folksam tyder på detta. Dessutom kan samverkan mellan dessa två faktorer ha en högre potential än summan av de enskilda potentialer. Grundtanken är alltså samma som för personbilar, där samverkan mellan fordonets krocksäkerhet och räcket optimerar skyddsförmågan vid en kollision.

Dock krävs det vidareutveckling av designen av motorcyklar och räcken för att kunna säkerställa den verkliga effekten. Det är också viktigt att påpeka att "överglidningsskyddet" i test 4 var en prototyp som byggdes på plats för att visa själva principen av att kunna skydda motorcyklisten från stolparna. Dessa typer av räcke är fortfarande mycket ovanliga, men i dagsläget finns det en produkt med samma funktionalitet som, rent tekniskt, går att eftermontera på befintliga W-räcken.

Slutsatser

- Utformningen av motorcyklar har betydelse för skadeutfallet vid en kollision. Analys av verkliga olyckor visar att en viss typ av mc-design (med boxer-motor) halverar risken för benskador, allt annat lika, trots att denna design inte ursprungligen var designad för att skydda motorcyklister.
- Krocktesterna visade att MPS (s.k. underglidningsskydd) gör nytta även i en upprätt kollision, då MPS kan göra räckets undersida slätare och mjukare, vilket minskar risken att framhjulet, andra mc-delar eller motorcyklistens ben trycks in i räckets.
- I en upprätt kollision är risken att föraren fastnar i ovansidan eller baksidan av ett W-räcke stor, och ett skydd mot stolparna är också nödvändigt (s.k. överglidningsskydd). Troligtvis gäller detta för alla räckerna med stolpar.
- Ett slätare och mjukare räcke (med MPS och en prototyp av "överglidningsskydd") testades i kombination med en mc med boxer motor som samverkar med räckets utformning. Detta gav det lindrigaste skadeförloppet av de fyra tester som gjordes.

Referenser

DaCoTA. Vehicle Safety, Deliverable 4.8u of the EC FP7 project DaCoTA.

http://safetyknowsys.swov.nl/Safety_issues/pdf/Vehicle%20Safety.pdf

Grzebieta et al, 2013 "Motorcyclist impacts into roadside barriers: is the European crash test standard comprehensive enough?" Journal of the Transportation Research Board, 2013.

HLDI, Highway Loss Data Institute, 2013 "Evaluation of Motorcycle Antilock Braking Systems, alone and in conjunction with Combined Control Braking Systems" HLDI Bulletin, 2013.

ISO 13232:2005 "Motorcycles - test and analysis procedures for research evaluation of rider crash protective devices fitted to motorcycles".

MAIDS, 2004 "In-depth Investigation of Accidents Involving PTW" Final Report 1.3. ACEM, Motorcycle Industry in Europe, 2004.

NHTSA, National Highway Traffic Safety Administration, 2008 "Lower-extremity injuries in motorcycle crashes" DOT HS 810 982, 2008.

Noordzij et al, 2001 "Integration of needs of moped and motorcycle riders into safety measures. Review and statistical analysis in the framework of the European research project" PROMISING, Work package 3. SWOV Institute for Road Safety Research, 2001.

Nordqvist & Gregersen, 2010 "Undersökning om motorcyklister beteende och inställning till trafiksäkerhet" SMC och NTF, 2010.

Otte, 1994 "Biomechanics of impacts to the legs of motorcyclists and constructional demands for leg protectors on the motorcycle" 1994 IRCOBI Konferens, Lyon, France.

Ouellet et al, 1987 "Collision performance of contemporary crash bars and motorcycle rider leg injuries" SAE Technical Paper 870603, 1987.

Rizzi et al, 2012, "Motorcycle crashes into road barriers: the role of stability and different types of barriers for injury outcome" 2012 IRCOBI Konferens, Dublin, Irland.

Rizzi et al, 2014 "Effectiveness of Motorcycle Antilock Braking Systems (ABS) in reducing crashes, the first cross-national study" Traffic Injury Prevention 2014.

Rizzi, 2015 "Can a boxer engine reduce leg injuries among motorcyclists? Analysis of injury distributions in crashes involving different motorcycles fitted with Antilock Brakes (ABS)" Traffic Injury Prevention 2015.

Rogers & Zellner, 1998 "An overall evaluation of UKDS motorcyclist leg protectors based on ISO 13232" 1998 ESV Konferens, Windsor, Kanada.

Roll et al, 2009 "Effectiveness evaluation of Antilock Brake Systems (ABS) for motorcycles in real-world accident scenarios" 2009 ESV Konferens, Stuttgart, Tyskland.

Savino et al, 2014 "Further development of Motorcycle Autonomous Emergency Braking (MAEB), what can in-depth studies tell us? A multinational study". Traffic Injury Prevention 2014.

Strandroth et al, 2012 "The correlation between pedestrian injury severity in real-life crashes and Euro NCAP pedestrian scores" Traffic Injury Prevention 2011.

Teoh, 2013 "Effects of Antilock Braking Systems on motorcycle fatal crash rates: An update". Insurance Institute for Highway Safety, USA.