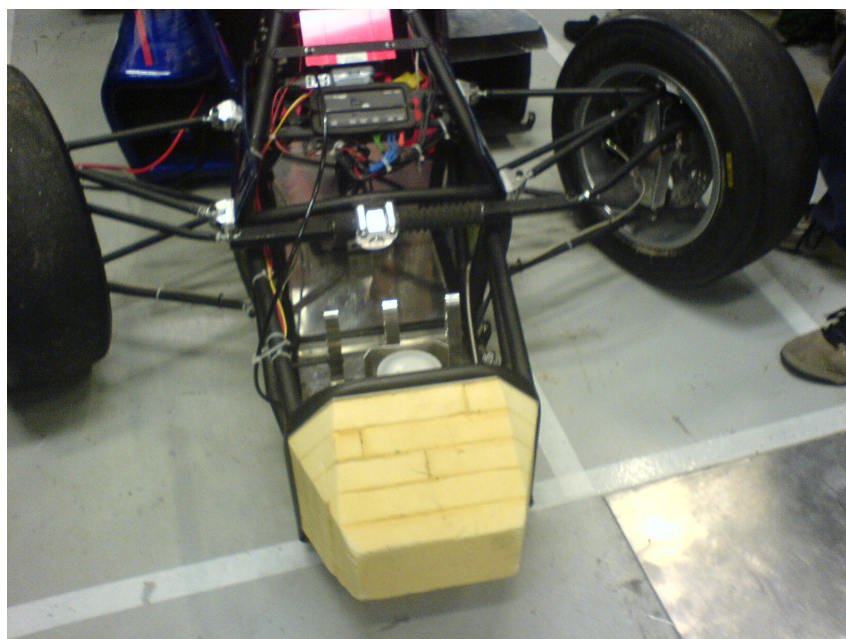


Materialevalg til stødzone

P1 PROJEKT, AAU,
INDUSTRI



Brian Damgaard
Christian Nielsen
Niels Larsen
Nikolaj Sanden
Peter Hansen
Thomas Mørch Jensen

Titel:

Materialevalg til stødzone

Semester tema:

Projektperiode:

1. semester, d. 9. oktober 2005
til d. 18. december 2005

Projektgruppe:

B213

Deltagere:

Brian Damgaard
Christian Nielsen
Niels Larsen
Nikolaj Sanden
Peter Hansen
Thomas Mørch Jensen

Vejleder:

Mathias Vingaard

Bivejleder:

Morten Blarke

Oplagstal: 13

Sidetall: 74

Afsluttet: d. 18. December 2006

Synopsis:

Denne rapport handler om hvilke materialer der med fordel kan anvendes som stødzone på Unicorn G2 racerbilen. Denne stødzone skal udarbejdes i henhold til SAE® formola student reglementet. Disse materialer bliver testet i trækmaskinen Instron og ved en dynamisk stødtest. Der udarbejdes to løsningsforslag, med følgende resultat. Alu-Honeycomben skal have følgende mål: 100·200·180mm, og PUR-skum: 200·300·360mm. De to materialer er vidt forskellige bl.a. i form af dimensionerne, vægten og pris. På grund af længden opnår Alu-Honeycomb: 19G og PUR-skum 35: 9G. Vægtforskellen på de to stødsoner er 175g, hvor honeycomb er den letteste løsning. Honeycomb koster 5935kr, PUR-skummen er billigere ca. 50kr. PUR-skummen bliver af denne grund anbefalet som løsning.

Forsidefoto forestiller stødsonen på Unicorn G1 racer.

Denne rapport er udarbejdet som en del af en P1 projektenhed på det Ingeniør-, Natur- og Sundhedsvidenskabelige Basisår. Projektenheden indeholder en rapport og en procesanalyse.

Rapporten tager udgangspunkt i problemstillingen "Stødzone til Unicorn racerbilen". Problemstillingen er blevet fremsat af Unicorngruppen, der består af en gruppe studerende på AAU. De bruger deres fritid på at lave en racerbil til SAE® Formula Student klassen. I forbindelse med rapportskrivningen vil der være en tæt dialog mellem projektgruppen og Unicorngruppen. I den forbindelse vil vi gerne takke gruppen for et godt samarbejde, og vi håber, at de kan få glæde af vores rapport i forbindelse med konstruktionen af Unicorn G2 racerbilen. Desuden vil vi gerne takke Jørgen Kepler og Peter H. Bull for hjælp i forbindelse med udarbejdelse af forsøg. Dan-Iso skal også have en tak for virksomhedsbesøget og vareprøver, samt Flymateriel Kommandoen, hovedværksted Aalborg for vareprøver.

Rapportens opbygning

Rapporten består af en beskrivende del, hvor projektets problem beskrives. Derpå vil projektets kontekst analyseres. Herefter udformes en analyse, hvor der først analyseres på andre typer stødzoner og senere analyseres de forskellige materialer, der er valgt at arbejde med, og ud fra denne analyse opstilles forsøg til test af de udvalgte materialer. Herefter kan der opstilles en eller flere løsninger på problemet, der senere vurderes, og slutteligt følger en konklusion på problemformuleringen.

Gennem rapporten vil der blive brugt forkortelser for følgende materialer:

PUR-skum m. densitet 35kg/m^3 omtales skum 35.

PUR-skum m. densitet 60kg/m^3 omtales skum 60.

Polystyren bliver omtalt flamingo og blå skum. Disse er forskellige typer af polystyren.

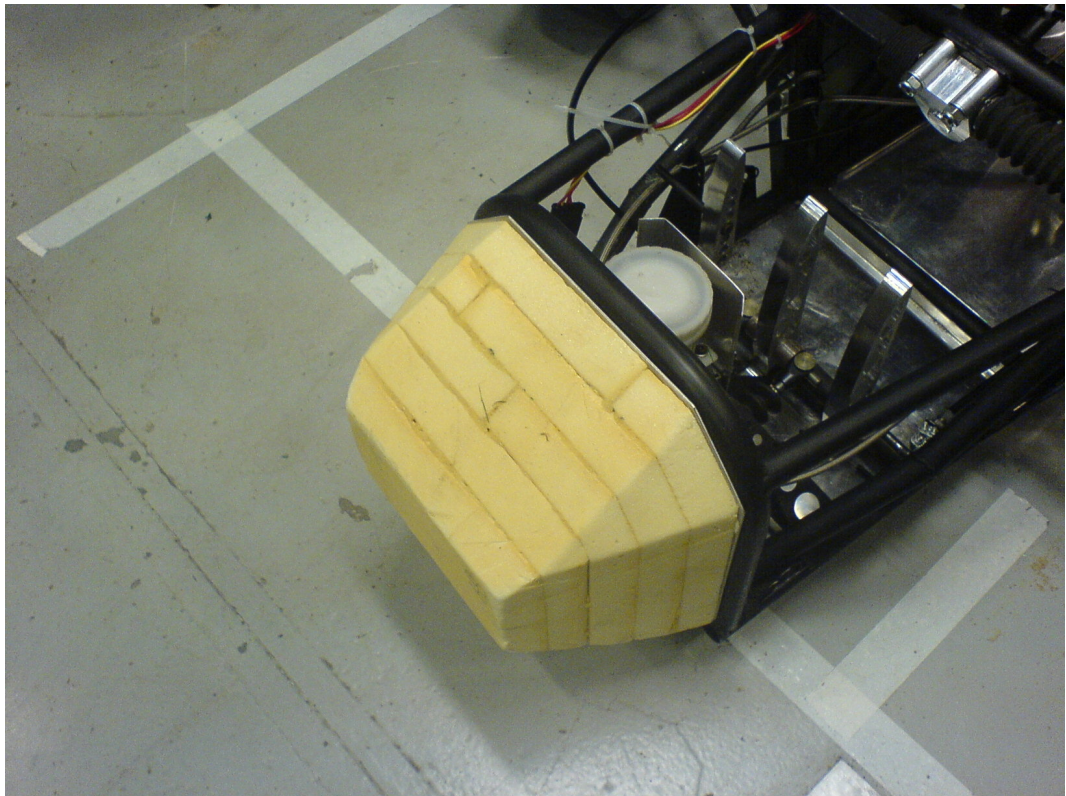
På den medfølgende cd findes videoer og xls. regneark med databehandling fra forsøgene.

1	Indledning	9
1.1	Initierende problem	10
2	Baggrundsviden	13
2.1	Om SAE®	13
2.2	Unicorn Racing Team	14
3	Analyse af materialer til stødzonen	19
3.1	Sikkerhed i formelbiler	19
3.2	Materialer	21
3.3	Skumtyper	21
3.4	Honeycomb	23
3.5	Opsummering	27
3.6	Problemafgrensning	27
3.7	Problemformulering	27
4	Fysiske betingelser for stødzonen	29
5	Forsøg	31
5.1	Forsøgsbeskrivelse, kvasistatisk deformation	31
5.2	Databehandling	35
5.3	Forsøgsbeskrivelse, dynamisk deformation	38
5.4	Databehandling dynamisk deformation	41
5.5	Opsummering	44
6	Løsningsforslag	51
6.1	Løsningsforslag 1	51
6.2	Løsningsforslag 2	53
6.3	Vurdering af løsningsforslag	54
7	Perspektivering	55
8	Konklusion	59
I	Appendix	65

KAPITEL 1

Indledning

I rapporten er målet at undersøge muligheder og materialer for konstruktion af en stødzone. Det er en zone, der kan absorbere en bestemt mængde energi i tilfælde af en kollision. På figur 1.1 ses hvordan stødzone på Unicorn G1 racerbil er konstrueret. Målet med denne rapport er at give Unicorn gruppen et godt grundlag til at vurdere hvilket materiale, der skal bruges til stødzone.



Figur 1.1: Stødzone på G1 racer

Da G1 raceren ikke opfylder alle krav til de nuværende regler er det en stødzone til Unicorn G2 racerbilen, der skal undersøges muligheder og materialer til. Der er nogle regler omkring konstruktionen af selve bilen, og det er her denne rapport kommer ind i billedet. Rapporten tager udgangspunkt i regelsættet for 2007 opstillet af arrangøren SAE®. Stødzone skal være et separat monteret emne på bilen. Funktionen skal dokumenteres af en rapport og vurderes af dommere.

Projektet arbejder hovedsageligt med to materialer: Skum og honeycomb. Det formodes at

skum er et billigere materiale end honeycomb. Dette kan have sin fordel for Unicorn gruppen, så de kan bruge penge på andre dele til G2 raceren. Ydermere er det intentionen at skaffe disse to materialer som vareprøver fra firmaer rundt omkring i landet, således kan materialer anskaffes billigt eller helt gratis.

1.1 Initierende problem

Der findes mange materialer, som evt. kunne løse problemet. Der er materialer som træ og aluminiumsskum eller fx stålwiere, støddæmpere mm. Selve konstruktionen af stødzonen eller konstruktionens udseende skal også overvejes. Der kan evt. laves hul i materialet og laves en konstruktion, som kan folde sammen lidt som en mussetrappe.

Der er følgende regler for stødzonen:

- Stødzonen skal være minimum 150mm lang.
- Stødzonen skal minimum være 100mm høj og minimum 200mm bred.
- Stødzonen skal være monteret på chassiset som en separat del.
- Teamet skal kunne fremvise data eller tests der viser at stødzonen kan klare en gennemsnitlig deacceleration der ikke overstiger 20G, når bilen har en vægt på 300kg og rammer ind i en fast mur med 7m/s.
- Kravet skal overholdes i forbindelse med en frontal kollision.
- Stødzonen skal også kunne modtage stød fra siden. Dette vurderer dommerne inden løbet.
- Stødzonen skal være konstrueret i knuseligt materiale, ikke støddæmpere mm.
- Stødzonen må ikke kunne røres af kørerens fødder.

Med andre ord skal stødzonen sørge for, at en mand der sidder i bilen ikke bliver udsat for en gennemsnitlig G-påvirkning, der overstiger 20G ved et frontalt sammenstød med en fart på 7m/s og en vægt på 300 kg. Derudover skal den overholde de minimums dimensioner, der fremstår af reglementet. Dommerne skal kunne godkende stødzonen til stød fra siden. Dette er udelukkende deres subjektive mening, og der skal ikke fremstå data for dette. Stødzonen skal være lavet i et knuseligt materiale dvs. ikke en støddæmper eller lign.

Altså:

Målet er at undersøge muligheder og materialer for konstruktion af en stødzone.

Derudover er projektet også afgrænset til blot at undersøge enkelte materialer frem for at se på alt, der har potentiale som stødzone. De valgte materialer, er som følger:

- Skum
 - PUR-skum
 - Polystyren-skum

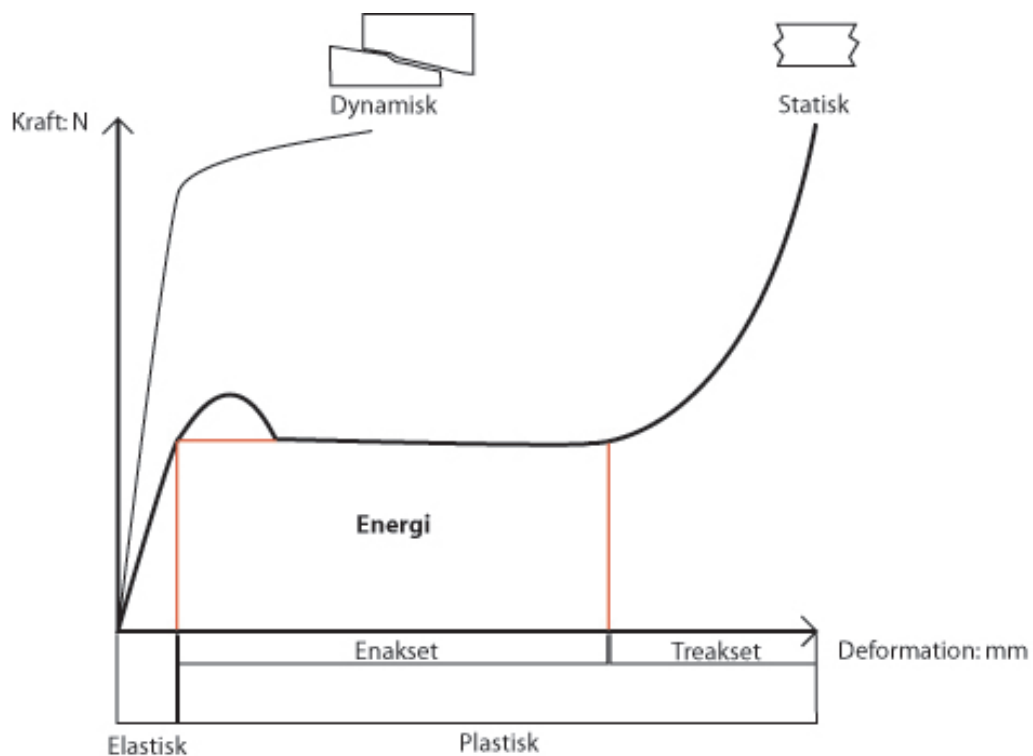
- Honeycomb
 - Aluminiums-honeycomb
 - Aramid-honeycomb

Envidere kunne det være interessant at undersøge om coladåser kunne have potentiale som stødzone. De formodes ikke at have potentiale, og vil derfor ikke blive tillagt samme vægtning.

Afgrænsningen medfører at projektet bliver mere overskueligt. Desuden er det lettere at regne på en firkant end fx en mussetrappe. Der er også blevet afgrænset pga. eget vidensniveau. Stødzonen er derfor en firkantet klods, der skal overholde kravene, som er beskrevet i problembeskrivelsen.

Projektgruppen har en formodning om at materialet til stødzone under et dynamisk stød vil opnå sprødhed. Dette vil ikke ske ved statisk tryk/pres. Ved et stød vil materialerne altså have en mindre maksimal procentvis deformation. Det vil derfor være nødvendigt at teste materialerne til stødzone både ved tryk og stød. Det skal undersøges hvor meget materialet deformerer og hvor meget energi det kan optage.

Principperne er vist nedenfor på figur 1.2



Figur 1.2: Principper for tryk og stød

Inden starten på analysen, fokuseres først på nogle generelle ting omkring Formel SAE®. Således fås bedre forståelse for, hvordan reglementet er, og hvad racerbilsprojektet overordnet handler om. På denne baggrund fremstilles den kontekstuelle del af rapporten, i form af en narrativ fortælling om Unicorn gruppen.

2.1 Om SAE®

Der vil nu blive gennemgået generel viden om hvad SAE® er. I den forbindelse en historie del, og derefter SAE®.

2.1.1 Historie

SAE®, eller Society of Automobile Engineers som det blev kaldt, da det blev stiftet i 1905, bestod af 30 medlemmer bl.a. var Henry Ford vicepræsident. Organisation blev stiftet for at fremme nye ideer, forbedre teknisk formåen samt vidensdeling. Hovedideen var udelukkende, at det skulle dreje sig om den tekniske og konstruktionmæssige side af automobiler. I 1916 slog Society of Automobile Engineers, Society of Tractor Engineers og American Society of Aeronautic Engineers sig sammen til det der idag er kendt som Society of Automotive Engineers.

Det er blevet til en verdensomspændende organisation, der arbejder for at fremme menneskers mobilitet og bruges som globalt netværk i forbindelse med forsknings og udviklingsprojekter. Organisation SAE® har idag over 84.000 medlemmer fordelt i over 97 lande. De udgiver tidsskrifter, bøger og er med til at vedtage amerikanske standarder plus meget mere.[1]

2.1.2 Om Formula SAE®

For at ansøre nye ideer, teknisk viden, vidensdeling samt praktisk erfaring afholder SAE® flere forskellige konkurrencer for studerende på universitetsniveau.

En af disse konkurrencer er SAE® Formula Student.

Opgaven i konkurrence er at designe, bygge og køre en racerbil. Trods et omfattende regelsæt for bilens konstruktion samt et loft for den færdige bils pris, er der meget vide rammer for konstruktionen. Derved bør det være muligt for flere at være med, så man ikke behøver at have et meget stort budget for at være med. Konkurrencen er mere en ingeniørmæssig udfordring, end det er at køre racerløb.

Bilen skal bygges over en periode på ca. et år. Der er 7 konkurrencer/løb om året i henholdsvis USA, England, Australien, Tyskland, Italien og Brasilien.

Udgangspunktet for konkurrencen er, at de studerende skal forestille sig at være ansat af et firma, der skal have bygget en prototype racer. Målgruppen er ikke-professionelle weekend racerførere. Derfor er det vigtigt, at bilen har en lav pris samtidigt med at være stabil og nem at vedligeholde. Bilen skal stadigvæk være højtydende. Derudover lægges også vægt på udseende og brug af let tilgængelige dele. Målet er at producere 1000 biler om året til en pris under 25.000 dollars pr. bil.

Reglerne for konstruktionen af chassis, motor mm. er rimeligt frie, hvilket skal fremme den kreative og fantasifulde løsning. Det er tilladt at få hjælp udefra, men der lægges vægt på at det er de studerende selv, som designer og bygger bilen, med alle de tekniske løsninger det indebærer.

Budgettet bestemmer hvor meget den endelige bil, der deltager i konkurrencen må koste at lave. Dermed er det ikke noget loft for udviklingsomkostninger, og nogle hold bruger mange penge på dette, og kan dermed opnå et langt bedre resultat end teams med mindre budgetter. Bilen bedømmes og der tildeles point i flere kategorier. Se tabellen 2.1

Presentation	75
Engineering Design	150
Cost Analysis	100
Acceleration	75
Skid-Pad Event	50
Autocross Event	150
Fuel Economy Event	50
Endurance Track Event	350
Total Points	1000

Tabel 2.1: Points fordeling i SAE® Formula Student

[2]

Derudover er der en række krav til sikkerheden i bilen. Man opnår ikke point i denne del, men bilen skal vurderes af dommere inden løbet, som skal sikkerhedsgodkende den. Hvis ikke bilen kan godkendes bliver racerbilen diskvalificeres fra konkurrencen.

2.2 Narrativ fortælling

Følgende afsnit er en historie om Unicorn Racing Team. Historien redegør for projektets kontekst. Metoden er narrativ fortælleform[14]. Den har til formål at give læseren et dybere indblik i Unicorn Racing Team; beskrive organisationen, hvordan de arbejder og fremstiller et komplekst produkt. Samtidig skal det skabe forståelse for deres fællesskab samt hvad der driver dem til at holde gang i projektet på fritidsbasis.

Viden og information er opnået gennem det kvalitative interview[16], samt research på net-

tet. Det kvalitative interview er blevet gennemført efter Steiner Kvaless teori om metoden. Historien kunne tjene som et middel til at skabe kontakt til interessenter som fx sponsorer eller potentielle nye medlemmer. Den kunne opsættes grafisk som eksempelvis en brochure, som kan deles ud eller sendes elektronisk.

2.2.1 Unicorn Racing Team

De sidder i bilerne på vej til England. Alle er spændte og forventningsfulde. Nu skal deres hårde arbejde og engagement vises frem og prøves af. De sidste to uger har de brugt alle deres vågne timer på bilen. Der er blevet arbejdet døgnet rundt, og teamet har måttet arbejde i skiftehold for at nå og blive klar til SAE® Formula Student 2006 i juli i England. Det er med at få hvilet ud nu, så de er friske til det arbejde, der ligger forude, når de ankommer til Brunthorpe, Proovengrounds. En nedlagt flybase, hvor konkurrencen skal afholdes. Det er ikke alt de har fået færdige, selvom de har kæmpet hårdt for det. Rapporterne til de statiske events Unicorn racerbilen skal deltage i er ikke færdige. Det vil få konsekvenser for bedømmelserne, og de risikerer at starte med minuspoint i visse af de statiske events. Hjertet slår et ekstra slag, når de tænker på, hvordan bilen vil klare de dynamiske events. Vil den overhovedet være i stand til at deltage i racerløbet? Pga. tidspresset op til turen har de kun lige nået at starte racerbilen, inden den blev trillet ind i kassevognen og kursen sat mod England. Om bilen kan køre, bremse og hvordan den vil manøvrere i svingene er mysterier, der vil blive afsløret på dagen! Den skal præstere for første gang foran dommerne og tilskuerne, så der er selvsagt en vis nervøsitet og spændthed i teamet. Unicorn racerbilen er den første prototype, også kaldet G1, som teamet har konstrueret. Den er konstrueret i henhold til SAE® reglementet. Det er en enkeltsædet formelbil med centermotor og fire uafhængige hjulophæng. Motoren er den samme som sidder på motorcyklen Honda CBR600RR. Den yder knap 100 hestekræfter til den 270kg lette bil, tager 0-100km/t på under 4 sekunder og spinder fortsat hjulene rundt i fjerde gear. Unicorn Racing Team har selv tilpasset motoren til racerbilen, og monteret en Rotrex C15 kompressor samt intercooler fra Nissens. Ombygningen har yderligere omfattet et nyt indsugningssystem, ny udstødningsmanifold, nyt kølesystem samt ombygning af smøresystemet. Gearskiftet foregår ved elektriske kontakter på rattet, der er forbundet til en computer på racerbilen. Gearskiftet kan både foregå manuelt og automatisk.

De ankommer til flybasen fredag aften lidt over ni. De fordeler opgaverne således at to arbejder på rapporterne til de statiske events, mens de andre klargør racerbilen til morgendagens konkurrencer. Normalvis er det ikke tilladt at overnatte ude på flybasen ved bilen, men da teamet er så tidspresset får de tilladelse til at overnatte på ladet af en lastbil. På den måde kan de få arbejdet igennem, og bruge nogle af de tidlige nattetimer. Efter en lang aften og en urolig nattesøvn i lastbilen, går konkurrencerne i gang lørdag. De første konkurrencer er de statiske, hvor bilen deltager i et designevent, samt en sikkerhedsgodkendelse, hvorefter den skal deltage i de dynamiske events og til sidst det ultimative, racerløbet. Bedømmelserne foregår ved at et team af SAE® dommere kommer rundt til de teams de er tildelt i de statiske events, og giver point i de forskellige discipliner. De studerende i Unicorn Racing Teamet bliver imponerede da de hører, hvem dommerne bl.a. består af. En af dommerne er

chefingeniør hos Ford i England, og en anden er fra Renaults F1 team. Det giver et kick at deres arbejde, skal vurderes af så kompetente folk. Designeventet går godt. Teamet får flotte ord med på vejen. Da de ikke har afleveret rapporterne til tiden, starter de med minus 100 point, men ved gennemlæsning er dommerne begejstrede. De får at vide at niveauet er højt, set i forhold til at det er første gang de deltager. Sikkerhedsgodkendelsen er der desværre uforudsete problemer med. Det viser sig at de har overset noget i SAE® reglementet. Der er tre anmærkninger. Der er ingen triangulering bag forreste bulkhead, altså den forreste del af chassiset, hvorpå stødzonen er monteret. Indsugningsdelen i "side-poden" er ikke tilstrækkeligt beskyttet. Endelig havde de ikke boret hul i alle bolte og sat ståltråd igennem og fastgjort dem. Det sidste er en stor opgave at løse, da den er meget tidskrævende. Det skal ordnes inden bilen kan deltage i nogen af de dynamiske events. Nu ligger et stort arbejde foran teamet med at få ordnet sikkerhedsanmærkningerne inden de dynamiske events. Teamet lægger en strategi for at skille delene ad, og få boret huller i boltene, for så at samle bilen igen. Det kræver koordinering og samarbejde, noget som Unicorn Racing Team er dygtige til.

Teamet består af i alt 23 studerende. Da Unicorn racerbilsprojektet blev søsat i 2003, var det ikke et fritidsprojekt, men et projekt, der skulle fungere som et PR-redskab for Det Teknisk-Naturvidenskabelige Basisår samt danne grundlag for spændende og motiverende projekter. Det var meningen at bilen skulle fortsætte som studieprojekt frem til sommeren 2005, hvor bilen skulle deltage i et SAE® racerløb. Projektet blev dog, efter basisårets P1 og P2 projekterne, der sluttede sommeren 2004, et fritidsprojekt. Projektet blev overtaget af seks studerende, der besluttede at føre projektet videre, og bruge deres fritid på det. De studerende, der stadig er med, er Johnny Larsen, Michael Christensen, Jeppe Kirkegaard og Bo Tinggaard. De havde en helt flad ledelsesstruktur. Det var forholdsvis nemt at strukturere arbejdet og uddelegering opgaver samt sikre vidensdeling, da de var et meget sammentømret team på blot seks personer. Efterhånden som der kom flere medlemmer til Racerbilsgruppen, blev det vigtigt at strukturere arbejdet mere. Derfor uddelegeres opgaverne nu i mindre arbejdsgrupper på 2-3 personer. Opgaverne fordeles efter interesse og de forsøger at sætte en fra de oprindelige seks i hver arbejdsgruppe. Ved at gøre dette gør de nytte af den erfaring, som de der har været med i lang tid har opsamlet. Det hele struktureres i et Gant skema og de holder statusmøder hver tirsdag, hvor de deler den viden der er opnået i hver arbejdsgruppe. Nogle arbejdsgrupper må arbejde tæt sammen idet en gruppes arbejdsområde kan have indflydelse på andre dele i racerbilens konstruktion og dermed andres løsninger. Arbejdsopgaverne er fordelt i syv arbejdsgrupper. Opgaverne er motor, chassis, drivlinje, hjulophæng, karroseri, dataopsamling og el. Michael Christensen er leder i Unicorn Racing Team. Idet han i perioder er beskæftiget andre steder, træder Jeppe Funk Kirkegaard ind som den daglige leder og ordstyrer ved møder. Det er de to der står for dagsordenen til møder og har overblikket over projektet. Derudover er Bo Tinggaard værkstedsleder. De øvrige 20 medlemmer er med på lige fod, men fælles for alle 23 i teamet er ansvaret for at fremstillingen af racerbilen kan lade sig gøre, og at de laver en så optimal konstruktion som muligt indenfor SAE® reglementets rammer.

Efter en lang arbejdsdag lørdag med at få racerbilen sikkerhedsgodkendt, skal racerbilen søndag deltage i de sidste statiske sikkerhedsprocedurer. Den skal tiltes 60 grader med føreren siddende i bilen uden at vælte. Dette event bringer en uventet fejl. Teamet har brugt

en pakning, der ikke kan tåle benzin så nu må de igen i gang med at rette en fejl. De skal have fundet en pakning der kan tåle benzin og det er ikke let, men det lykkes dem at skaffe en ordentlig pakning og få den monteret, og blive godkendt i tilt testen. Dernæst skal bilen igennem en støjtest. Igen må de bede til guderne om hjælp, da det ikke er noget de har fået testet inden turen. Kravet er at motoren ikke må overstige 110 dB. Resultatet af testen er 109,4 dB. Teamet er lettede. Det er en smule komisk, at de ved tilfælde ligger så tæt op ad grænsen, men også rart at heldet er vendt til deres fordel. Succesoplevelsen giver fornyet energi i teamet og en genfunden tro på racerbilen og deres arbejde. Morgendagens event er det første dynamiske event, og det som teamet på forhånd var mest spændte på, da bilen endnu ikke er blevet testet på det område. Med alle de uventede problemer som de statiske events har ført med sig, virker risikoen for at racerbilen ikke præsterer i de dynamiske events stor, men dagens sidste succesoplevelse har banket optimisme og energi ind i Unicorn Racing Team.

De sidste tre dage er gået utroligt hurtigt. Teamet har arbejdet hårdt alle dagene pga. alle de uventede problemer, der har været med racerbilen. Det kommer næsten bag på dem, at det er blevet mandag og dermed sidste konkurrencedag. Dagens første event er en bremsetest. Teamet er som sådan ikke urolige for at racerbilen ikke kan bremse, for bremserne er utroligt overdimensionerede. Problemet ligger i, at de skal have bilen til at køre. Dommere og tilskuere fra de andre teams ser til, mens Unicorn racerbilen må bevæge sig mod ukendt land. Weekendens mange fejl har dog givet teamet brede skuldre, og de vidste på forhånd at de dynamiske events ville være risikofyldte. Teamet holder vejret. Det viser sig at bilen ikke vil starte. Alle de timer de har lagt i at konstruere racerbilen viser sig nyttige nu, for de finder hurtigt fejlen. Tændrørene, der oven i købet er Hondas originale, virker ikke. Desuden har de selv lavet en fejl. Tændingen er monteret 30 grader forkert. De får fat i nogle billige standard tændrør, monterer tændingen rigtigt og får startet bilen. Det giver et sus i maven at høre racerbilens motor hvæse. Det er det sus, der er deres belønning. Alle sanser kører på højtryk, mens de ser deres racerbil leve. Som forventet har bilen ingen problemer med at bremse, men de beslutter, at det er det sidste event de deltager i. Der er et event tilbage og det er SAE® Formula Student racerløbet, hvilket de efter alle fejlene på racerbilen ikke er interesserede i at deltage i. Trods fejlene er alle i teamet en smule stolte. De har undervejs fået meget god feedback, især fordi dommerne er imponerede over Unicorn racerbilen som første års deltager og er i samme forbindelse blevet inviteret til SAE® konkurrencen i Australien i december. Unicorn Racing Team er et af de mindre teams, der deltager. Mange af de andre teams er for det første op mod tre gange så mange folk i teamet og for det andet har mange af dem bilkoncerner i ryggen og ubegrænsede midler at læne sig op af.

De hæfter sig ved at de slutter i en top ti placering indenfor kategorien teknisk design, altså et af de statiske events. Samlet set ender de i den dårlige ende af placeringerne, men det er alligevel med oprejst pande de forlader konkurrencen. Konkurrencen har været en stor oplevelse, og det har været lærerigt også at se de andre teams racerbiler, høre om deres erfaringer og deres baggrund og arbejde med SAE® racerbilen. Selvom om de alle er konkurrenter, er fællesskabet næsten som et broderskab. Man hjælper hinanden, hvis nogen mangler en stump eller har andre problemer. Det har Unicorn Racing Team i sandhed oplevet og nydt godt af under konkurrencen. .

For Jeppe, der har været med i Unicorn Racing Team siden starten i 2003, har turen været en stor oplevelse og højdepunktet for hans arbejde med projektet gennem de sidste 7 semestre. Arbejdet med Unicorn racerbilen har givet ham mange gode minder, men også erfaring. "Som sådan kan man jo ikke bruge det til noget, for det kommer ikke til at stå på ens eksamensbevis. Men den erfaring man får er uvurderlig", siger Jeppe. Til tider har arbejdet med racerbilen fyldt meget, men de 5 til 10 timer han i gennemsnit bruger på racerbilsprojektet om ugen føler han er givet godt ud. Jeppe er gal med biler, og da han havde muligheden for at komme til at konstruere en racerbil, var han ikke i tvivl. "Jeg er gal med biler. Det er noget jeg har prioriteret. Jeg ser det som en stor mulighed at bygge en racerbil, hvornår ellers?!", spørger Jeppe retorisk. Kombinationen af det teoretiske og praktiske arbejde har gjort ham til en bedre ingeniør, og det vil komme ham til gode når han skal ud i det virkelige liv på arbejdsmarkedet. Det er netop det, der er essensen i Unicorn Racing Teams arbejde. Det er virkeligt. Muligheden for at kunne realisere en drengedrøm og lave en ægte racerbil bliver ikke større. "Jeg har fået bedre forståelse for konstruktioner og design. Derfor kan jeg bruge det i hverdagen. Man bliver bedre gennem erfaring", konstaterer han. Han og de øvrige medlemmer af teamet har lavet mange fejl, men de har lært af dem alle. "Alternativet er fejl på arbejde det første år. I stedet har jeg lavet dem på racerbilen", siger Jeppe. Af særlige erfaringer peger Jeppe på projektorganisering. "Tid og organisering. Fornemmelsen for kompleksiteten i et virkeligt projekt. Det er en god erfaring", pointerer han. Det er lysten og interessen for biler, som har drevet ham, og alle oplevelserne og begejstringen ved at se racerbilen blive til.

Ude i fremtiden venter nye udfordringer. Til december skal Unicorn Racing Team til Australien og deltage i en ny SAE® Formula Student konkurrence. De har fået mange erfaringer på Englandsturen, og ideer til forbedringer. Planen er at G1 racerbilen skal køre i Australien, men samtidig må de udvikle på G2 racerbilen, som de forventer skal deltage i England næste år. Det er et stort og spændende stykke benarbejde, der skal gøres det næste år, og Unicorn Racing Team glæder sig allerede.

Analyse af materialer til stødzonen

Gennem den indledende analysefase er der opnået en forståelse for Unicorn gruppen og SAE®. Da Unicorn gruppen har et budget, skal økonomiske betragtninger tages med, når der vælges materiale til stødzonen. For at opnå viden om stødzoner, og hvad den bruges til, ses på hvordan stødzoner er brugt i Formel 1, som er Formel SAE®'s ypperste storebror. Dette formodes at være en god betragtning, da Formel 1 racerbilerne er teknologiske vidundere med stor fokus på sikkerhed.

3.1 Sikkerhed i formelbiler

Som tidligere nævnt er Unicorn racerbilen en formel bil, herunder Formel SAE®. Formel betyder, at der findes et reglement for, hvordan bilerne skal bygges mht. sikkerhed, præstationer mm. Formel sporten, især Formel 1 som er den mest kendte klasse, har gennem de seneste årtier gennemgået en kæmpe stor forbedring på sikkerhedsområdet. Revolutionen startede tragisk nok med et dobbelt dødsfald i 1994, hvor Roland Ratzenberger og legendariske Ayrton Senna omkom under tragiske omstændigheder under en løbs weekend på Imola banen i Italien. Derefter er der sket en række tiltag for, at sænke hastigheden og forhøje sikkerheden i Formel 1.

3.1.1 Sikkerhed

En Formel 1 racer er bygget op omkring en sikkerhedscelle (se figur 3.1 på næste side), som består af cockpittet og benzintanken, der er placeret lige bag føreren, men dog adskilt fra ham. Sikkerhedscellen er lavet som en sandwichkonstruktion bestående af op til tolv lag kulfiber adskilt af et lag honeycomb.

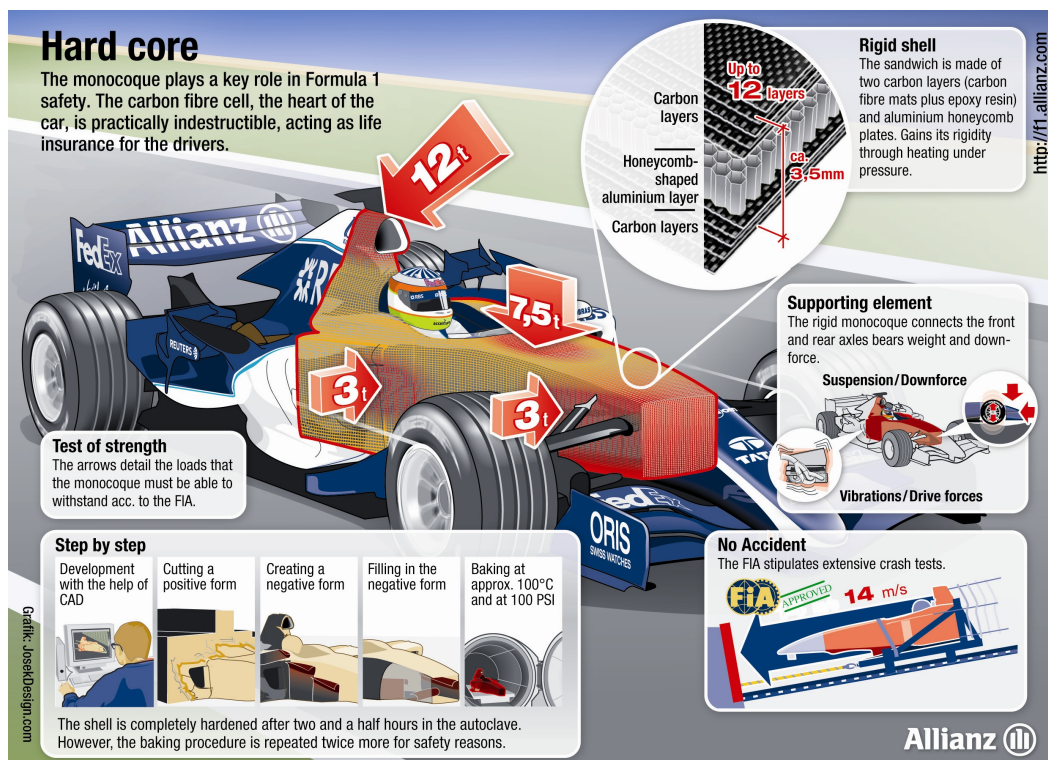
Denne sikkerhedscelles styrke er årsagen til, at mange førere efter store og voldsomme uheld har overlevet, og er sluppet fra alvorlige varige men. Sikkerhedscellen skal være monteret med stødzoner; en på hver side og en foran. Derudover skal bilen have en stødzone monteret bagerst på bilen.

For at blive godkendt skal en Formel 1 bil, ligesom SAE® racerbilen, opfylde nogle krav. Dog tester man i Formel 1 i overensstemmelse med gældende FIA reglement. Det foregår således: Man spænder bilen fast på en vogn og kører den ind i en beton væg, ligesom ved en crashtest af personbiler.

Det er dog alligevel ganske interessant, at se på de kriterier der er stillet op for stødtesten fordi de ligner SAE® kravene en hel del. Vognen med sikkerhedscellen med alt hvad der kan

have indflydelse på resultatet påmonteres dvs. frontvingen osv. Hele vognen med en testdukke på 75kg skal veje 780kg, og denne skal ramme muren med en hastighed på 14m/s. Kravene er, at de første 150 mm af fronten skal deformere med max 5G, og den gennemsnitlige deceleration må ikke overstige 40G eller mere end 60G længere end 3 millisekunder. Denne påvirkning måles i brystet af testdukken. Dette koncept har gjort Formel 1 til en langt mere sikker sport end for bare 15 år siden. Det skyldes blandt andet også, at man er begyndt at prioritere anderledes. Hvor man fra klassens start i 1950'erne udelukkende fokuserede på fart, har man nu både fra FIA og teamernes side valgt at bruge mange flere resurser på sikkerhed.

Det er bemærkelsesværdigt at sporten startede i 1950, men først i 1963 kom de første sikkerhedsregler. Blandt de vigtigste sikkerhedsforbedringer set over perioden er: 1963 hvor sikkerhedsseler blev gjort obligatorisk. 1972, kom der krav om minimums dimensionering af cockpittet. 1985, kom der krav om en frontal crashtest. 2001, kom der et krav om, at hjulene skal være monteret med en stålvejer, så de ikke kan rives af under et uheld. Det optimale ville være at lave den samme type test, som man anvender i Formel 1, men det er af økonomiske årsager ikke muligt. Det ville være meget dyrt at lave vognen, der skulle trække bilen. Det ville også kræve, at man brugte bilens chassis i testen, og dermed ville det være en fuldskala test hvilket gør, at der er ret store kræfter på spil.[3]



The publication of these graphics is free of charge provided that users credit Allianz. We would be grateful to receive copies of any published examples.

Download in the Media Center:
<http://f1.allianz.com>

Figur 3.1: williams F1
[4]

3.1 viser de belastninger en Formel 1 bil skal klare.

Når SAE® har valgt at G-påvirkningen ikke må overstige 20G, lyder det måske af meget. Det er det også, hvis man bliver påvirket af kraften i en længere periode. I et moderne jagerfly kan man opnå ca. 7-12G, og her har piloterne en G-drage på, for at undgå at blodet ophobes i benene, da dette kan medføre blackout. Men her er tale om påvirkning flere gange og i relativt lang tid. Det er ikke tilfældet når en bil forulykker. Her kan man opnå meget høje G-påvirkninger, men kun i brøkdeler af et sekund, og det ser ud til, at tiden er alt afgørende for hvor mange G man kan tåle. I 1954 udsatte oberst John Stapp sig selv for den hidtil højeste frivillige G-påvirkning til dato, da han i en raket slæde var udsat for en deceleration på 46,2G. Det er dog langt fra den højeste G-påvirkning et menneske har overlevet. Denne rekord indehaves af den nu tidligere Formel 1 kører, britten David Purley, der i en ulykke under tidskørslerne til det Britiske grand prix på Silverstone i 1977 blev udsat for en deceleration på 179,8G. Det er så vidt vides den højeste G-påvirkning et menneske har overlevet nogensinde.

3.1.2 Opsummering

Det ses, at Formel 1 og Formel SAE® reglementet har sat nogle standarder for hvilken G-påvirkning, der er tilladt. Da de må antages at have undersøgt det grundigt, må det være forsvarligt, hvis blot den angivne G-påvirkning overholdes. Erfaring har også vist, at det er muligt at overleve større kræfter. Derfor er det tilstrækkeligt at overholde reglementet, og yderligere omtanke for førerens helbred er ikke nødvendig.

3.2 Materialetyper

I Formel 1 bliver der brugt honeycomb til stødzoner, og disse er formet som en kapsel omkring føreren af bilen. Af den grund og pga. projektafgrænsning vil der blive foretaget en undersøgelse af hvad honeycomb er. Ydermere vil skum blive undersøgt, da det antages at skum har stødabsorberende egenskaber. Samtidigt er skum, sammenlignet med honeycomb, et billigere materiale, hvilket Unicorn gruppen vil sætte pris på.

3.3 Skumtyper

Der er mange grunde til at undersøge skum når man skal finde et materiale til en stødzone. Dels er skum forholdsvis let at arbejde med, og dels har det den store fordel, at man kan betragte det som et kontinuum. I projektet vil der blive fokuseret på to typer skum: Polymerskum og metalskum.

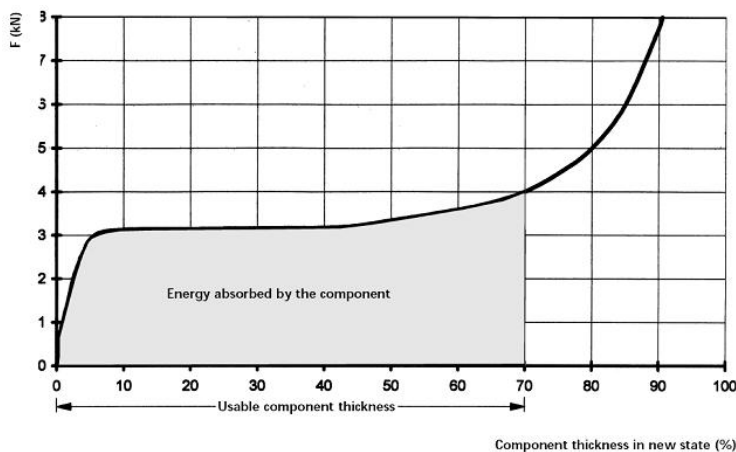
3.3.1 Polymert skum

Af polymere skumtyper kan bl.a. nævnes polystyren (flamingo) og polyuretan (PUR-skum). Der er også pvc og mange flere. Denne rapport vil fokusere på polystyren (flamingo/blåt skum) og polyuretan (PUR-skum). Grunden til man kunne overveje polymere skumtyper er hovedsageligt, at begge typer er letanskaffeligt og billigt. En anden stor fordel ved polymert skum er, at det er let at bearbejde.

Blåt skum er en skumtype, der har en lav densitet og stor styrke. Den er mere hård end flamingo, og blåt skum bruges normalt til isolering.

Grunden til at polyuretan er interessant er, at det bliver brugt i automobilindustrien af blandt andet Bayer Material Science. På figur 3.2 ses en arbejdscurve for skum.

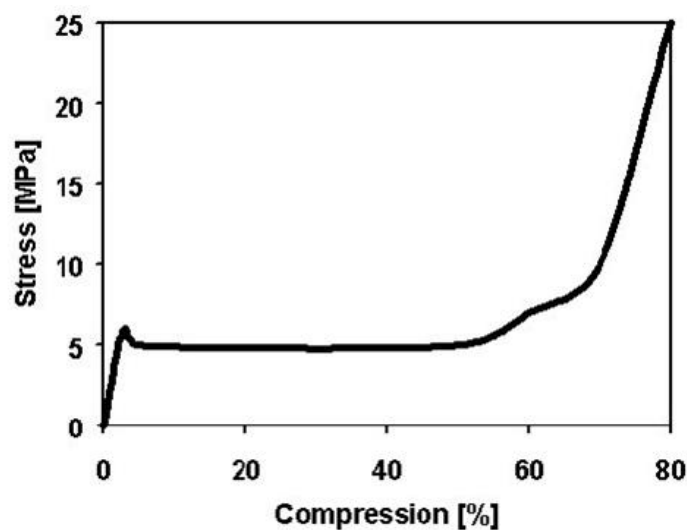
En stor fordel ved polymert skum er, at det er let at bearbejde, og det kan laves i mange densiteter. Eksempelvis kan Bayer Material Science levere polyuretan i densiteter fra 40-300kg/m³. [5]



Figur 3.2: Arbejdscurve for polymertskum
[6]

3.3.2 Metal skum

Aluminiumsskum er et forholdsvis nyt materiale, og blandt andet derfor er det også stadigvæk et forholdsvis dyrt materiale. En plade Alporas® i 2400mm-600mm koster fra 81,42 til 2.322 euro afhængigt af tykkelsen på plader (5-200mm) [7]. Det er heller ikke let at anskaffe, men det har nogle gode egenskaber; en lav vægt og det er forholdsvis stærkt. Teoretisk set kan aluminiumsskum i en meget mindre størrelse absorbere lige så meget energi som en polymer skum, men det har indtil for nylig været et problem at producere metal skum, der har en ensartet celledørrelse så energien fordeles rigtigt. Det problem har et australsk firma nu løst. Dog er det så ny teknologi, at det ikke er kommercielt tilgængeligt endnu. På figur 3.3 på modstående side ses en typisk deformations kurve for aluminiumsskum.



Figur 3.3: Arbejdskurve for aluminiumsskum
[17]

Som det ses er graferne for aluminiums- og polymert skum ikke helt ens. Den største forskel er at aluminiumsskum har en stress peak, som det skal over, før det begynder at deformere. I modsætning til polymert skum er aluminiumsskum ikke helt så let at bearbejde.[18]

3.3.3 Opsummering

Idet metalskum er svært fremskaffeligt arbejdes der udelukkende videre med polystyren og polyuretan. Disse vil indgå i kommende forsøg.

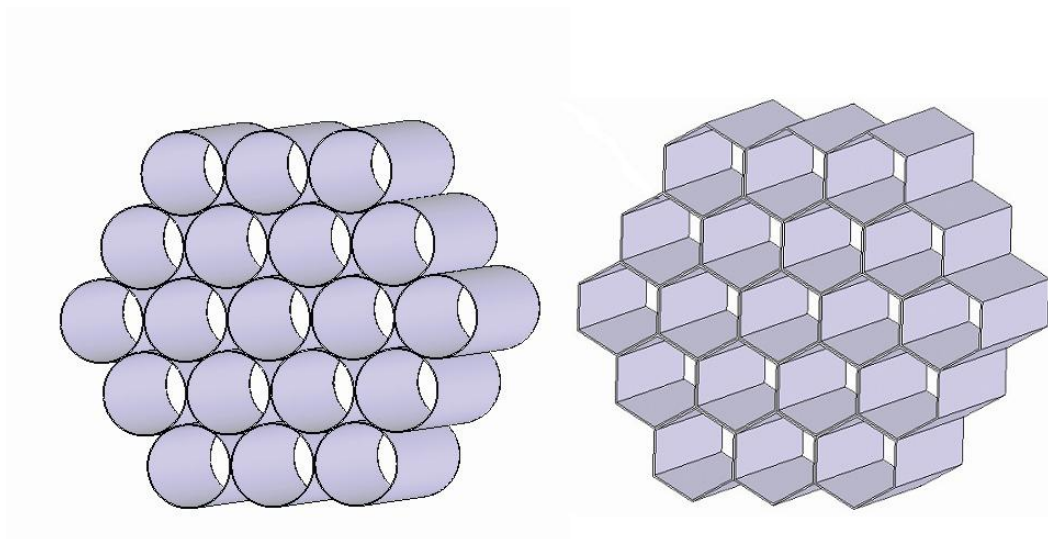
3.4 Honeycomb

Honeycomb er udviklet i Amerika i slutningen af 40'erne sammen med de første fiberglasser. Det blev primært udviklet til den amerikanske fly-og rumfarts industri. Eksempelvis har det amerikanske Apollo måneprogram's månelanders understel været beklædt med honeycomb for at klare mindre ujævnheder.[8] Størst udbredelse for honeycomb strukturer findes i dag i flydele som mellemlag i sandwichpaneler. Det er især gulv paneler og ikke-bærende paneldele på vinger og krop. Senere har det bredt sig til især motorsport.

3.4.1 Honeycomb generelt

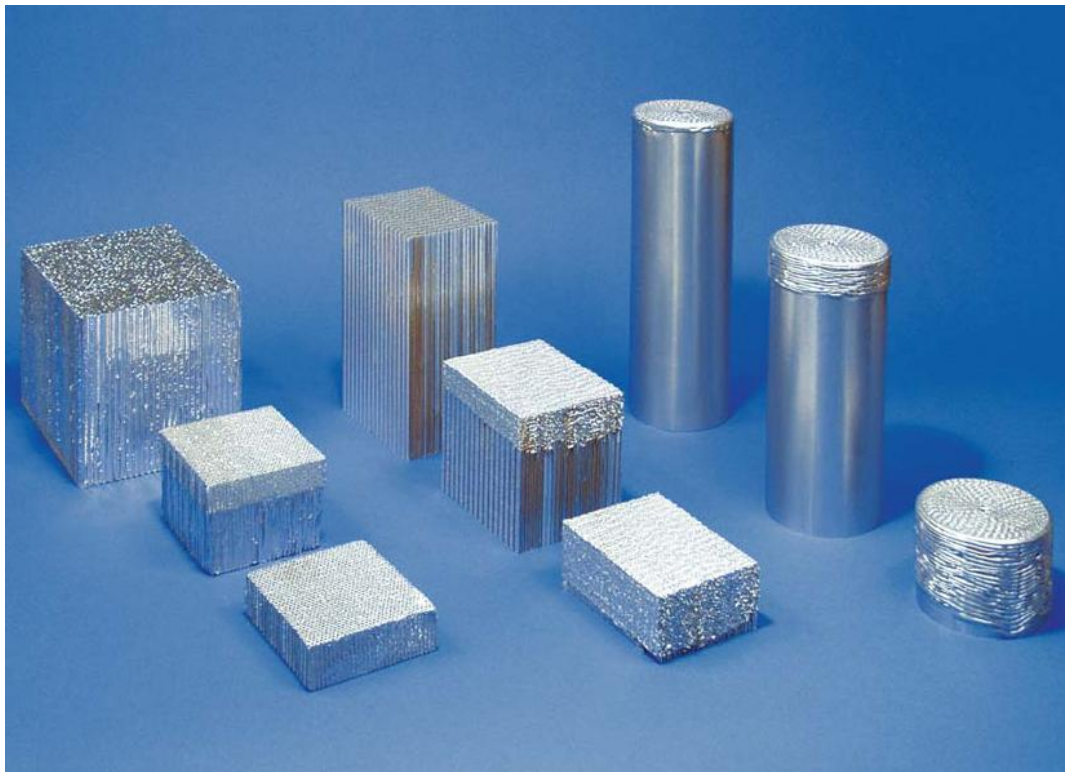
Honeycomb består af celler med relativ lille diameter placeret i et tæt mønster i gentagne rækker. Se figur 3.4 på næste side. Som struktur er den enkelte celle, uanset materiale, svag især overfor sideværts tryk.

Dette kan illustreres med f.eks. en sodavandsdåse. Den kan, trods tynde cellevægge, holde til et forholdsvis højt statisk lodret tryk. Påvirkes den derimod fra siden kræves der en meget lille kraft før at den kollapser. Ved at placere celler hele vejen rundt om den centrale celle,



Figur 3.4: Honeycomb eksempler

styrkes cellevæggene hvor de støder op mod hinanden. Ved at bruge rektangulære og lige vinklede (120 grader) sekskantede celler opnås en endnu højere styrke. Styrken opnås fordi cellevæggene i deres fulde bredde støtter op ad hinanden. For at fuldende styrken i honeycomb strukturen er den i alle industrielle applikationer del af en sandwich konstruktion. Det værende sig mellem træ, fiber og metal plademateriale. Industriel honeycomb forekommer i forskellige strukturer: cirkulære, trekantede, rektangulære samt hexagonale se figur 3.5 på modstående side. Strukturen her er den sekskantede kendt fra bikuber, heraf det engelske navn honeycomb. Derudover, kan selve cellestrukturen være lavet af forskellige materialer. F.eks. pap, papir, fibermateriale (aramid-, glas-, kevlar- og kulfiber) og metaller (oftest aluminium)



Figur 3.5: eksempler på forskellige typer honeycomb
[8]

Fordelene ved honeycomb strukturer er at de har en meget lav vægt i forhold til deres forholdsvis høje styrke. Styrken samt vægten varierer naturligvis afhængig af materialet, der er brugt. Fiber materialerne, især kulfiber, har meget lav vægt. Strukturerne i f.eks. rustfrit stål og aluminium har den højeste styrke. Desuden har også størrelsen på de enkelte celler en betydning på styrken. Aluminium honeycomb kommer i mange legeringstyper.[9]

Aluminiums legerings typer:

- 1000 er ren aluminium,
 - 2000 alu./kobber (Meget udbredt industriel aluminium legering)
 - 3000 alu./mangan (3003 er den mest udbredte industrielle type af alle aluminium legeringer)
 - 4000 alu./silicium (Middelhård støbestærk aluminium legering)
 - 5000 alu./magnesium (Meget korrosionsfast aluminium legering)
 - 6000 alu./magnesium/silicium (Forholdsvis hård og meget alsidig aluminium legering)
 - 7000 alu./zink (Hårdeste aluminium legerings type)
- [10]

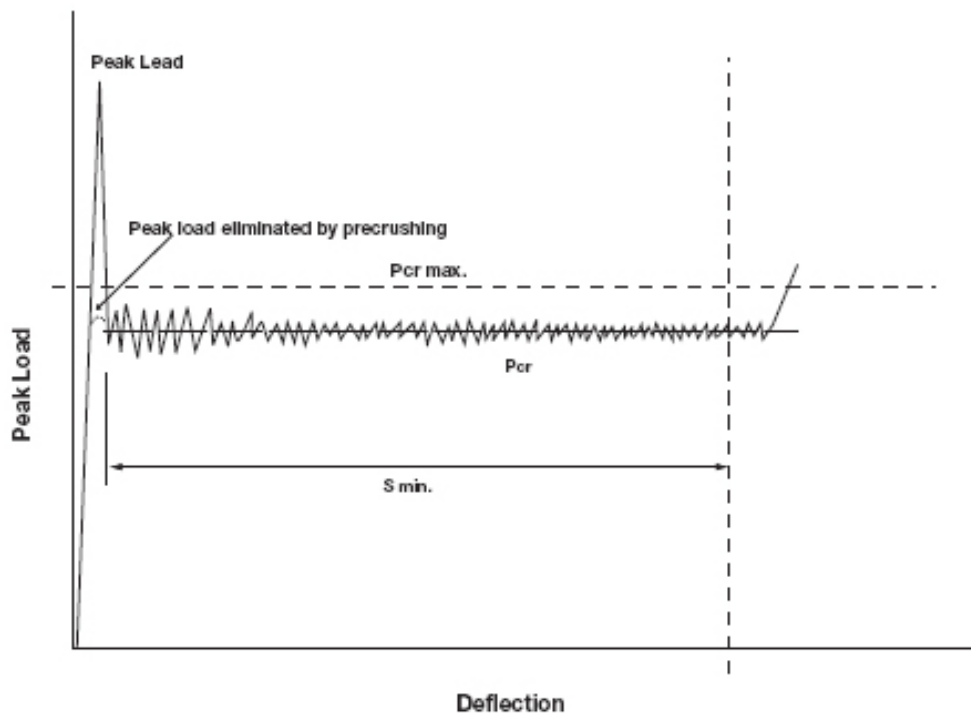
3.4.2 Honeycomb i forhold til projektet.

Ved honeycomb er det især lav vægt der gør det interessant. Honeycomb har derudover, i forhold til skum, en meget stor styrke overfor lodret tryk samt større tolerance over for fugt, temperaturer og direkte sol o.lign.. Dette har en betydning når bilen testes på en våd og kold

dansk racerbane eller er til konkurrence i på en solbeskindet varm og tør bane i Australien.

Optagelsen af energi, som er essentielt for dette projekt, afhænger i honeycomb af materialet, som cellerne er lavet af samt deres densitet. Densiteten er propotional med cellernes diameter. det vil sige, jo mindre diameter jo større densitet og dermed styrke. På grund af honeycomb amerikanske oprindelse produceres honeycomb cellestrukturen, altså diameteren, kun i amerikanske mål, inches. Fibermaterialernes celler optager energien ved at fibre knuses langs strækningen hvori energien optages. Fibermaterialer kan have en tendens til at returnere til deres oprindelige struktur. Denne egenskab kan skabe en, for en racerkøres synspunkt, uønsket form for fjedereffekt hvor en del af den optagne energi returneres i modsatte retning. Desuden kan fibermaterialerne ikke *pre-crushes*. Det vil sige at de yderste millimeter bliver mast for at starte det forstående kollaps. Aluminiumshoneycomb derimod, i standard legeringerne 1000, 2000, 3000, 5000, altså forholdsvis bløde legeringer, falder *permanent* sammen indtil det opnår *bottomed out*. *Bottom out* er det af producenten beskrevne punkt, hvor honeycomb ikke længere kan mases sammen. Legeringer af 4000, 6000 og 7000 typerne har egenskaber der gør dem for hårde til at kunne optage påvirkningerne uden at overskride 20G.

Det generelt typiske kollaps af honeycomb[8] vil på en kurve ses med en konstant stigning, indtil man overstiger den initierende brudstyrke(peak load). Derefter vil det være en konstant, jævn savtakket brudkurve se figur 3.6.



Figur 3.6: Arbejdskurve honeycomb, Hexcel Corp. Inc.[8]

Det vil sige at aluminiumscellerne, efter det initierende kollaps, falder tilbage på et jævnt brud energiniveau, som de holder indtil *bottomed out*. Ved *Bottomed out* er honeycomb presset så meget sammen at energien for yderligere sammenpresning stiger voldsomt. For at undgå det meget store energiniveau, der skal til at bryde den initierende styrke ved en kollision, gør man det, at man knuser de øverste millimetre, for dermed allerede at have påbegyndt kollapse. En af verdens førende producenter, Hexcel Corp. Inc., har opsat en generel formel for energioptagelse for deres produkter. Dette gøres ved at finde trykstyrken man har brug for og finde den i deres type katalog. Denne producent foreskriver visse parametre for en mere præcis sikring af ensartet energioptagelse. Energioptagelsen foregår mellem overfladen hvor emnet rammes og der hvor honeycomb cellerne når tilstanden *bottomed out*. Denne længde sætter Hexcel Corp. Inc. til at være 70%. Derudover, for at overkomme den for honeycombs meget høje initiale styrke, forudsætter de at man forknuser emnet.[19]

3.5 Opsummering

Som det fremgår af dette afsnit er honeycomb et ganske godt alternativ til stødzone. Kollapset som skal optage energien ved sammenstødet er, ved hjælp af forknusnings-metoden, en jævn deceleration, som ikke overstiger 20G. Det skal sikres, at den honeycomb der bruges har den rette længde.

3.6 Problemafgrensning

En af skums fordele er, at man kan betragte skum som en kontinuum, hvilket betyder at man kan lave tests på en lille klods og derefter skalere den op. Dette medvirker, at der kan foretages nogle skalerede forsøg på skum, og omregne disse til virkelige modeller. Desuden er skum meget let at arbejde i, hvilket gør arbejde med at konstruere emner til forsøg meget lettere. Samtidigt er det naturligvis også lettere at lave den virkelige model.

Analysen omkring skum viser, at PUR-skum er den bedste type skum, som det vil være umuligt at fremskaffe. Den anden del af analysen omkring honeycomb, viser at honeycomb har nogle klare fordele i forbindelse med stødzoner. Det understøttes af, at det bliver brugt i Formel 1. Honeycomb er dog et forholdsvis dyrt materiale. Endvidere undersøges coladåser.

3.7 Problemformulering

Analysen har eftervist, at de to typer af materialer har potentiale for at fungere som en stødzone. Af disse materialer er det vores mål at finde det bedst egnede taget egenskaber og pris i betragtning. Udfra denne betragtning, og tidligere erfaret viden, kan der nu opstilles følgende problemformulering:

Hvilket af de analyserede materialer kan med fordel anvendes som stødzone på Unicorn G2 racerbilen?

Fysiske betingelser for stødzonen

Stødzonen skal opfylde SAE® reglementet, hvilket skaber nogle betingelser ved sammenstød for kraftpåvirkning på racerbilen, nedbremsningens længde og tiden for denne samt den samlede energioptagelse. Dette afsnit redegør for de betingelser.

- Bilens vægt: 300kg
- Gennemsnitsacceleration: 20G
- Bilens hastighed: 7m/s

Kraftpåvirkning på bilen ved sammenstød:

$$F = m \cdot a = 60kN \quad (4.1)$$

masse: $m = 300kg$

Acceleration: $a = 20 \cdot 9,82m/s^2$

Acceleration er 20G, en G er lig med $9,82m/s^2$.

Bilen bliver altså påvirket med en kraft på $58920 N \approx 60kN$

For at decelerationen ikke overstiger 20G, skal længden for nedbremsningen minimum være:

$$\Delta s = \frac{\Delta v^2}{2 \cdot a} = 125mm \quad (4.2)$$

Hastighed: $\Delta v = 7m/s$

Acceleration: $a = 20 \cdot 9,82m/s^2$

Nedbremsningen skal altså minimum foregå over 125mm.

4.0.1 Kinetisk energi ved sammenstød

Energien stødzonen skal kunne optage er:

$$E = 1/2 \cdot m \cdot v^2 = 7350J \quad (4.3)$$

masse: $m = 300\text{kg}$
Hastighed: $v = 7\text{m/s}$

Det er den mængde energi materialet skal optage på 125mm ved en hastighed på 7 m/s

4.0.2 Energi til deformation af stødzonen

$$E = F \cdot L = 7350J \quad (4.4)$$

Kraft: $F = 60\text{kN}$

Bremselængde: $L = 125\text{mm}$

Stødzonen skal altså kunne optage energien 7350J og give en bremselængde ved et sammenstød på minimum 0,125m for ikke at overstige en G-påvirkning på 20G.

Ud fra de betingelser stødzonen skal opfylde udformes to forsøg. Et forsøg til test af materialernes maksimale energioptag, samt maksimal deformation.

Et andet forsøg skal kortlægge materialernes energioptag og deformation ved et stød med hastigheden 7m/s.

I henhold til problembeskrivelsen, skal stødzonen kunne bremse bilen således føreren ikke bliver udsat for en G-påvirkning over 20G. Derfor udføres nogle forsøg på de materialer, der er udvalgt. Dertil opstilles nogle forsøg, der viser hvor meget energi de forskellige materialer kan optage. Derved kan volumen af materialet dimensioneres. Desuden udføres en crash test, der skal vise om der er forskel på et stød og et langsomt tryk. I følgende afsnit forklares hvordan forsøgene er lavet, hvilke maskiner der bruges mv. Derefter vil der komme et afsnit med teori, som vil forklare hvilke formler, der skal bruges til udregninger. Til slut vurderes de forskellige materialer.

5.1 Forsøgsbeskrivelse, kvasistatisk deformation

Formål:

Formålet med dette forsøg, er at finde frem til hvor meget energi det testede materiale kan optage. På den måde kan man få et indtryk af, om materialet rent faktisk kan optage den energi der skal til, for at bilen stopper med en G-påvirkning på under 20G. For at dette kan lade sig gøre, skal materialet optage, minimum 7350J i en 1:1 model. Denne energi skal være optaget i en 1. akse deformation. Dette er en deformation, hvor materialet udelukkende giver sig i 1.akse. Det der skal findes er den optagede energi før 3. akse deformation, hvor materialet giver sig i flere retninger. Dette er meget vigtigt, da man ved en 3. akse deformation, får en meget høj opbremsning, og det er næsten umuligt at fastslå hvor meget energi materialet optager ved 3. akse deformationen. Dette skyldes at det nødvendigvis ikke er materialet der optager energi mere, men derimod chassiset, de testede materialer er monteret på. Derfor er formålet med dette forsøg, at finde ud af hvor meget energi materialet kan optage ved en 1. akse deformation, og samtidigt er formålet, at finde ud af hvor stor sammenpresningen er i mm i forhold til materialet, altså den procentvise sammentrækning inden 3. akse deformationen.

Materialer til test:

- 6 stk. PUR-skum, densitet 35kg/m²
- 6 stk. PUR-skum, densitet 60kg/m²
- 5 stk. Polystyren, blå skum
- 5 stk. Polystyren, Flamingo

- 4 stk. Aluminiumshoneycomb
- 1 stk. Coladåse
- 1 stk. PUR-skum, cylinderformet

Maskiner:

Til forsøget blev der brugt en computer og en trækmaskine. Presse maskinen hedder Instron model 5568, specifikationerne for maskinen kan ses nedenfor:

- Kapacitet: (Træk og Tryk) 50KN
- Max. bevægelse af travers: 1170mm
- Max. hastighed: 500mm/min
- Min. hastighed: 0,05mm/min
- Positions nøjagtighed: $\pm 0,1$ mm

Der blev desuden brugt en PC, med en software der hedder Merlin. På denne PC bliver data fra maskinen kørt ud, og dette kan derefter bruges til senere behandling.



Figur 5.1: Instron 5568

5.1.1 Teori

Ved at lægge en materialeprøve med en kendt volumen i trækmaskinen, kan der frembringes data om max deformation og derved max energiabsorbering for materialet. I databehandlingen ganges volumen op, og derved fås energien for en 1:1 stødzone, da strukturen opfattes som en klods.

Trækmaskinen kan give os værdier for kraft og deformation.

$$\sigma = \frac{F}{A} \quad (5.1)$$

σ = Spænding

F = Kraften

A = Areal i m^2

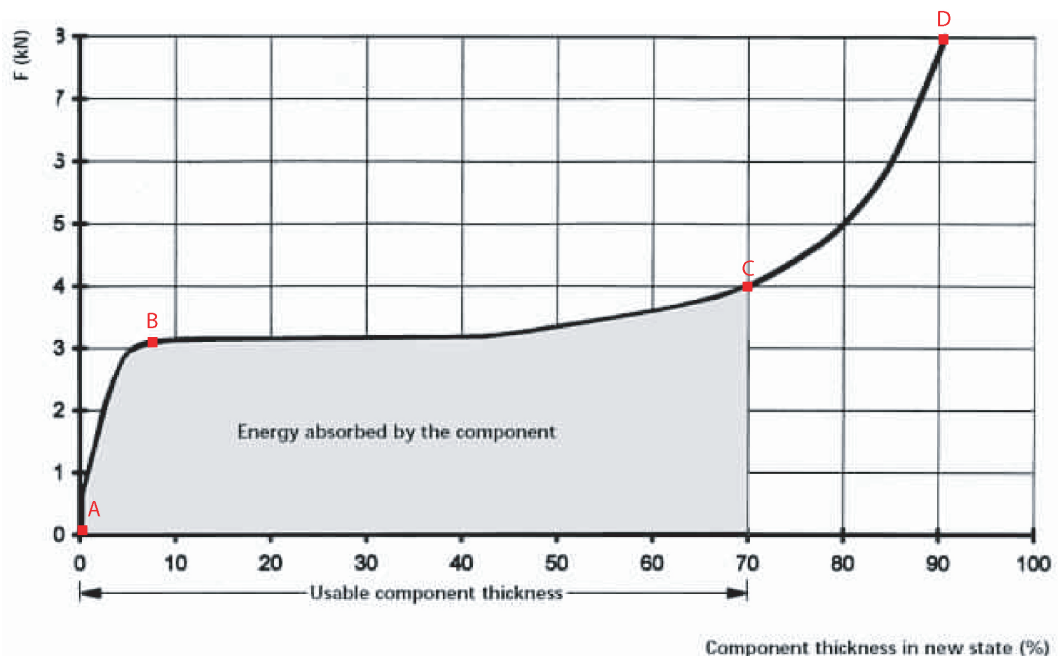
$$\varepsilon = \frac{\Delta L}{L} \quad (5.2)$$

ε = ingeniørtøjning

ΔL = højdeændring

L = starthøjde

Derved vil der fremkomme en arbejdscurve for materialet. Et eksempel på en sådan er vist nedenfor på figur 5.2



Figur 5.2: Figuren viser arbejdskurver for forskellige materialer, når de bliver udsat for tryk.[6]

På figur 5.2 viser arbejdskurver for forskellige materialer, når de bliver udsat for tryk. Figuren viser dog ikke spændingen, men i stedet kun den kraft der trykkes med i kN. På den

øverste kurve er der afmærket bogstaver A-D, for at vise materialet gennemgår forskellige faser efterhånden som trykket øges.

A-B: Kaldes det elastiske område.

B-C: Det er det plastisk deformerbare område. Deformationen i dette område er permanent.

Fra A til B deformerer materialet 1 aksialt. Efter punktet C deformerer materialet 3 aksialt.

I punktet D er tøjningshastigheden lav og spændingerne meget høje.

Formålet med det statiske trykforsøg er at fastlægge forskellige materials maksimale energisædte deformation og derved den maksimale energi materialet kan absorbere.

Dette kan bestemmes ved hjælp af formlen:

$$\frac{E_{max}}{V} = \frac{F}{A} \cdot \frac{\Delta L}{L} = \sigma \cdot \epsilon \quad (5.3)$$

E_{max} =max energioptag

V =volumen

Ud fra dette ses det at E_{max} er arealet under arbejdskurven. Der findes et estimat for E_{max} ved at betragte det tilnærmelsesvis kvadrat under kurven fra A til C.

Som allerede beskrevet vil det være muligt at multiplicere volumen af materialeprøven i skum op til stødzonens volumen for at få dens maksimale energi optag. Dvs.:

$$E_{max} = \frac{F}{A} \cdot \frac{\Delta L}{L} \cdot V = \sigma \cdot \epsilon \cdot V \quad (5.4)$$

Desværre kan den maksimale energi materialet har absorberet i dette forsøg, ikke alene bruges til at vælge materiale og dimensionere stødzonen, da der ikke bliver taget højde for hastigheden i forsøget jf. 1.2 på side 11. Det er vigtigt at tage højde for hastigheden, da materialer opfører sig anderledes ved stød end ved statisk tryk.

Ud fra dette forsøg dimensioneres stødzonen til dynamisk deformationsforsøg, hvor der laves et stødforsøg, hvor der tages højde for hastigheden.

Afstanden $\Delta s = 0,1247m$ og forsøget, giver en procentvis deformation. Denne aflæses ved punktet C se figur 5.2 på foregående side. Derved kan fås den reelle stødzones minimumslængde, ved brug af et bestemt materiale, for at decellerere med max 20G:

$$\frac{\Delta s}{\epsilon_{\%}} = L_{20G} \quad (5.5)$$

L_{20G} = reel længde

$\epsilon_{\%}$ = procentvis deformation

Samtidig kan energien bruges til at finde et energiforhold, som bruges til at regne den reelle volumen ud.

$$\frac{E_{7350}}{E_{max}} = \text{energiforhold} \quad (5.6)$$

E_{7350} er den energi som materialet minimum skal optage jf. kapitel 4.

Den reelle volumen er da:

$$\text{energiforhold} \cdot V_{\text{forsg}} = V_{100} \quad (5.7)$$

V_{100} = reel volumen

V_{forsg} = volumen i forsøg

Længden stødzonen skal have for at kunne optage energien findes ved:

$$\frac{V_{100}}{A_{\text{reel}}} = L_{100} \quad (5.8)$$

A_{reel} = Stødzonens tværsnitsareal Det kan ses at L_{20G} skal være mindre end eller lig med L_{100} for at stoffet kan optage energien og stadig bremse med max 20G.

Der regnes med tre tværsnitsarealer. Et ud fra SAE® reglementet og to opgivet af Unicorn gruppen.

Minimumsarealet fra SAE® reglementet: 200mm · 100mm

Areal 1: 200mm · 250mm

Areal 2: 200mm · 300mm

5.1.2 Udførelse

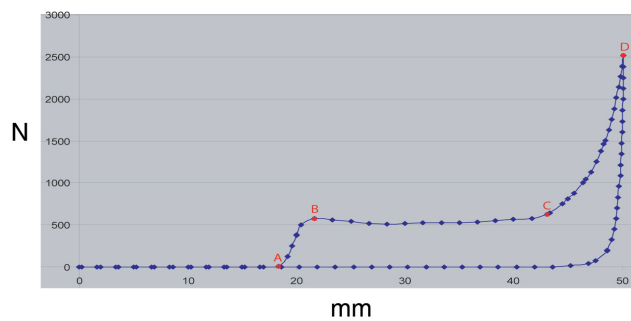
Selve forsøget blev udført på trækmaskinen. For at anskueliggøre processen, opstilles denne i punkter:

1. Udkæring af materialerne, i en vilkårlig størrelse.
2. Materialerne testes med forskellige hastigheder fra 100mm/min-500mm/min.
3. Resultaterne indskrives i regneark, til senere behandling

Ud fra dette forsøg, kan der findes frem til, hvor meget energi materialerne kan optage, og hvor meget de kan deformere i 1. akse.

5.2 Databehandling

Her gennemgås et eksempel på resultatbehandlingen. Eksemplet tager udgangspunkt i databehandling af skum 60 [12].



Figur 5.3: Viser arbejdskurven for skum 60-1, fremkommet ved brug af Merlin.

Hastighed mm/min	Bredde 1 mm	Bredde 2 mm	Højde mm	Areal mm ²	Volumen forsøg mm ³		Sluthøjde mm
100	33,4	31,7	36,66	1058,78	38814,8748		16,3

Figur 5.4: Udkast fra bilag:/skum 60/1-60.xls

	A	B	C	D	Stoffets deformation	% deformation	Længde 20G
x	18,3	21,7	43,1	50,2	24,8	0,676486634	184,4013
y	0	516	627	2515			
	Energi J	A - B	B - C	Energiforhold	Volumen 1:1		Længde 7350 J
	14,734	1316	13418	498,8462061	19362653		387,2531

Figur 5.5: Udkast fra bilag:/skum 60/1-60.xls

Værdierne fra figur 5.4, er målte værdier på materialeprøven før og efter forsøget.

Punkterne A, B, C og D i figur 5.5 er aflæste værdier fra kurven i henhold til teorien.

Stoffets deformation:

$$C - A = \text{deformation i mm} \quad (5.9)$$

% deformation:

$$\frac{\text{deformation}}{\text{Højde}} = \% \text{ deformation} \quad (5.10)$$

L_{20G} indikerer længden stødzonen skal være for at decelerere med maksimalt 20G.

L_{125} : Længden man skal stoppe på med 7m/s for at bremse med 20G.

L_{20G} er derfor:

$$\frac{L_{125}}{\% \text{ deformation}} = L_{20G} \quad (5.11)$$

Arealet/Arbejdet fra A til B udregnes:

$$A \rightarrow B = 1/2 \cdot \Delta x \cdot \Delta y = E_{A-B} \quad (5.12)$$

E_{A-B} er den mængde energi, der skal bruges for at nå plateauspændingen, hvor B afsættes.

Arealet fra B til C udregnes: Δy regnes som et gennemsnit af y_B og y_C .

$$A \rightarrow C = \Delta x \cdot \Delta y = E_{B-C} \quad (5.13)$$

"EnergiJ" er den samlede energi.

$$EnergiJ = (E_{A-B}) + (E_{B-C}) \cdot \frac{1}{1000} = 14,7J \quad (5.14)$$

$$Energiforhold = \frac{E_{1:1}}{EnergiJ} \quad (5.15)$$

$E_{1:1}$: Er den kinetiske energi bilen rammer med.

Energiforhold bruges til at finde volumen 1:1, der indikerer hvor stor volumen skal være i 1:1 for at optage 7350J. Volumen 1:1 fås ved Energiforhold gange volumen forsøg. Dvs.:

$$Volumen1 : 1 = Energiforhold \cdot volumenforsog = 19362653mm^3 \quad (5.16)$$

$Længde_{7350J}$ indikerer hvor lang stødzonen skal være:

$$Laengde_{7350J} = \frac{Volumen1 : 1}{Areal1 : 1} \quad (5.17)$$

Denne fremgangsmåde er alle resultaterne blevet behandlet efter. Derefter er alle 6 resultater for skum 60 blevet sat ind i samme excel dokument, hvor der regnes gennemsnittet. Her ligger størst vægt på volumen, % deformation, vægt, bremsestrækning og G-påvirkning. De to sidstenævnte regnes i formlerne 5.18 og 5.19. Her skal lige nævnes at det regnes for alle tre grund arealer.

$$\frac{\text{Den beregnede laengde}}{\% \text{ deformation}} = \text{Bremse strækning} = 262mm \quad (5.18)$$

$$\frac{\left(\frac{v^2}{2 \cdot \left(\frac{\text{Bremse strækning}}{1000} \right)} \right)}{g(=9,82 \frac{m}{s^2})} = \text{Gennemsnit } G \text{ for } 200mm \cdot 250mm = 9,5G \quad (5.19)$$

$$\frac{\text{densitet} \frac{kg}{m^3}}{1000^3} \cdot V = \frac{\text{densitet} \frac{kg}{m^3}}{1000^3} \cdot V = \text{Vægt} = 1,162kg \quad (5.20)$$

Vægten regnes som vist i 5.20. V er volumet.

Et stort areal giver en kort bremselængde og dermed en høj G-påvirkning. I udregningerne er hastigheden konstant. Derfor er der udregnet flere resultater for G-påvirkningen for forskellige arealer på hver enkelt tryk prøve. Der udregnes et gennemsnit for alle materialerne som samles i tabel 5.6 på næste side. På den måde kan man let sammenligne dem. Der er regnet gennemsnit for materialerne: Blå skum, Flamingo, Alu-Honeycomb (i tabellen omtalt som Honeycomb), skum 35 og skum 60. Der er kun udført en test på dåsen og cylinderen.

5.3 Forsøgsbeskrivelse, dynamisk deformation

	Blå	Dåse	Flaminco	Honeycomb	skum 35	skum 60	Cylinder
Energi pr. cm ³	0,39	0,04	0,08	2,06	0,34	0,35	0,11
Volumen i cm ³ ved 7350J	19.304,30	164.577,08	89.738,81	3.583,17	21.529,70	21.249,37	64.690,61
Deformations %	78,62	91,00	70,00	73,51	81,50	72,20	56,80
Vægt i kg	0,72	1,85	1,46	0,576	0,75	1,28	1,26
Højde i mm ved 200*100	965,22	8.228,85	4.486,94	179,16	1.076,49	1.062,47	3.234,53
Højde i mm ved 200*250	386,09	3.291,54	1.794,78	71,66	430,59	424,99	1.293,81
Højde i mm ved 200*300	321,74	2.742,95	1.495,65	59,72	358,83	354,16	1.078,18
Bremse strækning 200*100	754,78	7.480,00	3.102,16	131,79	875,10	765,92	1.838,04
Bremse strækning 200*250	301,91	2.992,31	1.240,87	52,72	350,04	306,37	735,21
Bremse strækning 200*300	251,59	2.493,59	1.034,05	43,93	291,70	255,31	612,68
Gennemsnits G for 200*100	3,38	0,33	0,81	19,03	2,86	3,32	1,36
Gennemsnits G for 200*250	8,46	0,83	2,04	47,57	7,15	8,30	3,39
Gennemsnits G for 200*300	10,15	1,00	2,44	57,09	8,58	9,96	4,07

Figur 5.6: De samlede resultater for det kvasistatiske deformations forsøg

5.3 Forsøgsbeskrivelse, dynamisk deformation

5.3.1 Formål

For at finde materiale til stødzonen crashtestes en model af den. Ideen er, at droppe en vægt oven på testmaterialet fra 2,5m højde. Testmaterialerne trykkes sammen, og der måles om testmaterialet har absorberet energien på den korrekte længde. Det hele optages med et high speed kamera, hvorved hastigheden kan bestemmes før og efter sammenstødet samt deformationen.

5.3.2 Materialer

Jernstænger Ø30mm, 3m
Jernrør (indvendigt Ø 35)
Plade, stål
5 kg lodder
High speed kamera

5.3.3 Teori

Projektgruppen har en formodning om, at materialerne opfører sig anderledes ved stød med 7m/s end ved et pres med mellem 0,0017m/s og 0,0083m/s som i det kvasistatiske deformations forsøg. Dette skyldes den øgede spredthed som det forventes materialerne opnår jf. figur 1.2 på side 11. Det kan endvidere skyldes, at der udvikles flere watt ved et stød med 7m/s end ved et pres med mellem 0,0017m/s og 0,0083m/s. Derfor ønskes det at teste materialerne ved et stød med 7m/s. Formodningen bygger på følgende:

$$W = \frac{J}{s} \quad (5.21)$$

W=watt

J=Energi i Joule

s=tid i sekunder

Heraf kan det ses at W vokser når s går mod nul.

Ved et stød afvikles energien på kortere tid og derved fås en højere effekt.

Der benyttes 1/10 af volumen, samt 1/10 af energien. Derved fås et energi pr. volumen forhold. Så kan volumen til stødzonen udregnes.

Stødzonen skal kunne optage den kinetiske energi fra et stød med 300kg med 7m/s. Energien er jf. 4.3 på side 29. 7350J.

Vægten der skal bruges for at få en 1/10 af energien er:

$$m = \frac{E}{1/2 \cdot v^2} = 30kg \quad (5.22)$$

Energi: $E = 735J$

Hastighed: $v = 7m/s$

For at få loddet til at ramme med 7m/s skal den op i højden:

$$s = \frac{v^2}{2 \cdot a} \approx 2,5m \quad (5.23)$$

Hastighed: $v = 7m/s$

Acceleration: $a = 9,82m/s^2$

For at finde sidelængderne tages målene på den virkelige stødzone og divideres med $\sqrt[3]{10}$. I forsøgene er bundarealet 225mm · 200mm. Højden varieres på testmaterialerne. Den skal dog minimum være 150mm. Tabel 5.1 viser de forskellige længder og volumener for skum 60. Både i 1:1 samt de nedskalerede materialeprøver, der skal bruges i forsøget.

	1:1	1:10	Forhold
E[J]	7350	735	1:10
m[kg]	300	30	1:10
Areal[mm²]	45000	9672	$1:\sqrt[3]{10}^2$
l₁[mm]	150	70	$1:\sqrt[3]{10}$
l₂[mm]	165	77	$1:\sqrt[3]{10}$
l₃[mm]	200	93	$1:\sqrt[3]{10}$
V₁[Liter]	6,75	0,7	1:10
V₂[Liter]	7,5	0,75	1:10
V₃[Liter]	9	0,9	1:10

Tabel 5.1: Målene for den skalerede stødzone med højde 150mm

Nedenstående formel viser, at man ikke kan regne med en 1/10 af accelerationen:

$$a = \frac{v^2}{2 \cdot s} \quad (5.24)$$

Her ses det at accelerationen er afhængig af hastigheden, som holdes konstant, samt længden nedbremsningen foregår over. Hvis s gøres mindre vil a vokse. Eksempelvis vil testklodsen svarende til en længde på 150mm give følgende G-påvirkning som det af ligning 4.2 på side 29:

$$a = \frac{v^2}{2 \cdot s} \cdot 9,82m/s^2 = 36,16G \quad (5.25)$$

Hastighed: $v = 7m/s$

Strækning: $s = 0,069m$

Til sammenligning vil den virkelige stødzone give:

$$a = \frac{v^2}{2 \cdot s} \cdot 9,82m/s^2 = 16,63G \quad (5.26)$$

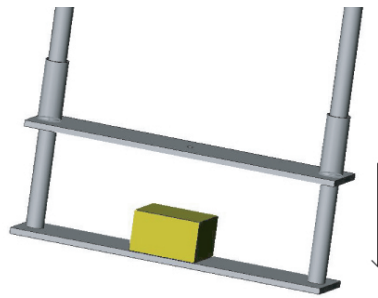
Strækning: $s = 0,150m$

Det er antaget, at de i teorien bliver presset 100% sammen.

Det vil sige, at der ved dette forsøg ikke vil kunne opnås G-påvirkninger, der er svarende til virkeligheden. For at testmaterialet har klaret kravene, skal klodsen stoppe på samme procentvis strækning som den reelle stødzone jf. kvasistatiske deformations forsøg. Da Δs er multipliceret med en faktor $1/\sqrt[3]{10}$ bliver a altså $\sqrt[3]{10}$ større i forsøgene jf. formel 5.25.

5.3.4 Bygning af opstilling

Først skæres jernstængerne til samme længde. Dernæst laves gevind i dem, så de kan samles i bunden og toppen. I jernpladerne til top og bund laves tilsvarende huller, så opstillingen kan boltes sammen. Dernæst monteres et "lod" med styring. Se figur 5.7 på modstående side. Til dette bruges endnu en jernplade, hvori der bores to huller til styrerørene. Disse rør har en diameteren 2mm større end jernstængerne. Disse svejses fast i "loddet" og vil styre dette i forsøgene. Til at hejse loddet, er der isat to øjebolte. Ved at indsætte en tværpind, er der en udløsemekanisme.



Figur 5.7: Forsøgsopstilling 2

5.3.5 Udførelse

Forsøget foregår indendørs i kælderetagen i et åbent område. Der er mulighed for at stille opstillingen i et hjørne, så en bjælke kan lægges på tværs. Derefter bliver opstillingen fastsurret til bjælken, så den vil bevæge sig mindst muligt. Derved skulle chancen for at loddet faldet helt lige på testklodsens være størst. Loddet løftes op til en højde af 2,5m. Loddet slippes og testmaterialerne mases sammen ved kollisionen.

Det viste sig at den bedste framerate og opløsning var ved 3000 billeder i sekundet(fps). Der var indsat en måleskala samt et stykke ternet papir til aflæsning af position.

5.3.6 Kamera

For at analysere resultaterne er der brug for en film, hvor man kan se sammenstødet med små intervaller fra billede til billede. Derfor er det nødvendigt med et high speed kamera, der kan tage mange billeder i sekundet. Man bruger det fx i forbindelse med crash-test af biler. Kameraet skal kunne tage nok billeder per sekund til, at det kan ses hvor meget testmaterialet deformeres i tilpas små intervaller. Ifølge reglementet skal loddet have en hastighed på 7m/s, når det rammer stødzonen. Denne hastighed omregnes til cm/sek:[11]

$$7 \cdot \frac{m}{s} = 7 \cdot \frac{1m}{1s} = 7 \cdot \frac{100cm}{1s} = 700cm/sek. \quad (5.27)$$

Hvis kameraet kan tage 700 fps fås et billede for hver cm loddet har bevæget sig. Da en præcision på 1 decimal ikke er nok, skal der bruges et kamera, der er mindst dobbelt så hurtigt. Det giver et billede pr. halve centimeter. Et almindeligt kamera tager op mod 50 fps. Derfor er der til forsøget fremskaffet et high speed kamera ved Institut for produktion. Som bilag ses et produktkatalog for dette kamera, et Olympus High Speed 2 kamera. Kameraet skal opstilles med en god belysning, så det kan få nok lys ind på den korte lukketid. Alternativt vil billederne blive meget mørke.

5.4 Databehandling dynamisk deformation

For at udlede resultater fra det dynamiske deformationsforsøg er der nogle elementer man skal kende. For at kunne beregne afstand findes forholdet mellem pixels og meter. Der er en

5.4 Databehandling dynamisk deformation

skala i baggrunden til de første forsøg, og i de senere forsøg er der et stykke ternet papir. Så kan det findes hvor mange pixels der går på 5mm. Dette er essentielt i analysen af forsøget, for når man kender dette forhold kan man udregne en position fra toppen af billedet. Denne er i sig selv ikke specielt interessant, men når man også kender tiden, som findes på filmen. Det udregnes på følgende måde [13].

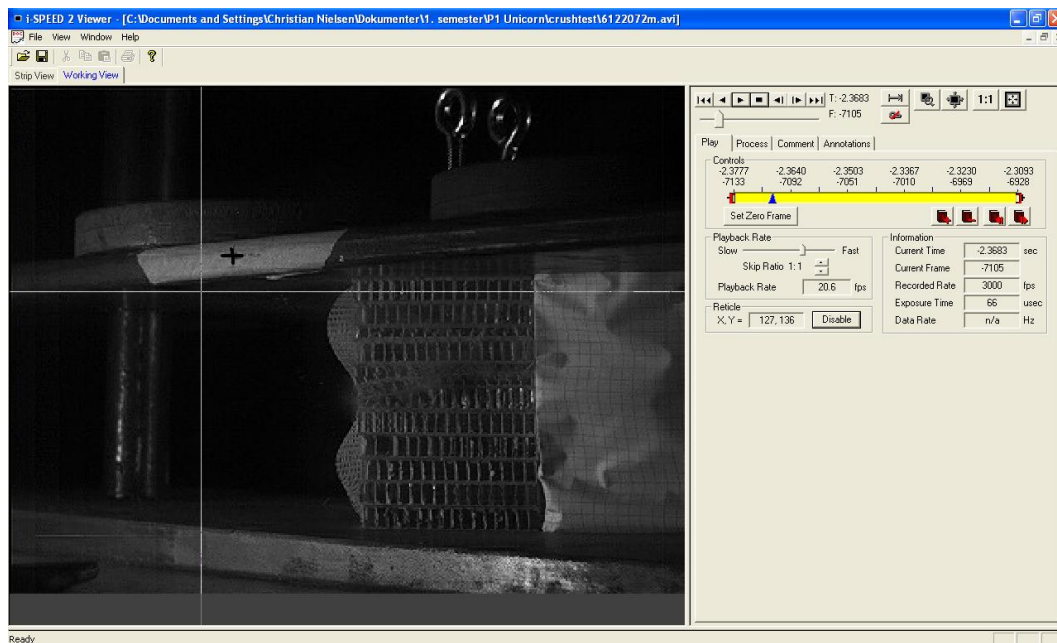
$$\Delta t = \frac{\text{frame}}{3000} \quad \Delta s = \frac{\text{pixel}}{\text{forholdet mellem meter og pixels}} \quad (5.28)$$

Δt = tiden

Δs = positionen

$$v = \frac{\Delta s}{\Delta t} \quad (5.29)$$

v = hastigheden



Figur 5.8: Skærbillede(screenshot) af I-speed 2 viewer.

For at bestemme positionen af bjælken bruges programmet I-speed 2 viewer, som er free-ware. Se figur 5.8. Heri kan bjælkens position aflæses til en bestemt frame. Til dette er der indsat et referencepunkt (et kryds) på bjælken. Ud fra hastigheden kan accelerationen udregnes med formel 5.25 på side 40. Herefter kan den gennemsnitlige G-påvirkning udregnes.

$$G = \frac{\Delta v^2}{2 \cdot \Delta s \cdot 9,82} \quad (5.30)$$

frame	pixel	tid	pos	hast		Acc	G	Gennemsnits m/s ²
								417,3913043
0	24	0	0,015	6,38		-	-	Gennemsnits G
5	41	0,001667	0,025625	6,38		6,62	0,67	42,50420615
10	58	0,003333	0,03625	6,00		(0,00)	(0,00)	G på den store bil.
15	74	0,005	0,04625	6,00	impact=16	(28,12)	(2,86)	19,76939821
20	90	0,006667	0,05625	5,25		(8,04)	(0,82)	Ekin
25	104	0,008333	0,065	4,87		(138,46)	(14,10)	609,609375
30	117	0,01	0,073125	3,38		(12,50)	(1,27)	
35	126	0,011667	0,07875	3,00		(56,25)	(5,73)	
40	134	0,013333	0,08375	2,25		(168,75)	(17,18)	
45	140	0,015	0,0875	1,13		(337,50)	(34,37)	
50	143	0,016667	0,089375	0,00	Bund=52	-	-	
55	143	0,018333	0,089375	0,00	min= 136px	-	-	
60	143	0,02	0,089375	(0,75)		-	-	
65	141	0,021667	0,088125	(0,75)		56,25	5,73	
70	139	0,023333	0,086875	(1,12)		0,00	0,00	
75	136	0,025	0,085	(1,13)		37,50	3,82	
80	133	0,026667	0,083125	(0,75)		0,00	0,00	
85	131	0,028333	0,081875	(0,75)		56,25	5,73	
90	129	0,03	0,080625	(1,13)		37,50	3,82	
95	126	0,031667	0,07875	(0,75)		56,25	5,73	
100	124	0,033333	0,0775	(1,13)		37,50	3,82	
105	121	0,035	0,075625	(0,75)		56,25	5,73	
110	119	0,036667	0,074375	(1,13)		37,50	3,82	
115	116	0,038333	0,0725	(0,75)		56,25	5,73	
120	114	0,04	0,07125	(1,12)		37,50	3,82	
125	111	0,041667	0,069375	(0,75)		0,00	0,00	
130	109	0,043333	0,068125	(0,75)		0,00	0,00	
135	107	0,045	0,066875	(0,75)		0,00	0,00	
140	105	0,046667	0,065625	(0,75)		0,00	0,00	
145	103	0,048333	0,064375	(0,75)		0,00	0,00	
150	101	0,05	0,063125	(0,75)		1.517,23	154,50	
155	99	0,051667	0,061875	1,20				

Figur 5.9: Eksempel på databehandling - aramid honeycomb

På figur 5.9 ses et eksempel på databehandling fra det dynamiske deformationsforsøg. I første kolonne fra venstre ses det aktuelle billede(frame), anden kolonne viser den pixel, hvorpå bjælken er på det givende billede, 3. viser tiden, 4. viser positionen, 5. hastigheden, 6. viser på hvilket billede bjælken rammer stødzonen og hvilket billede den er i bund på, 7. viser acceleration, 8. G-påvirkningen og 9. viser de resultater vi kan udlede af dette. På figur 5.10 på den følgende side i første kolonne ses densiteten og højden på testemnet i mm, 2. viser materiale typen, 3. viser den procentvise deformation, 4. viser den gennemsnitlige G-påvirkning, 5. hastigheden før stødet og 6. viser hastigheden efter stødet.

Densitet (kg/m ³) / Højde i mm	type	deformation i %	gennemsnitlig G	Hastighed før	hastighed efter
16,24/h=70	Flamingo	97,62	69,8	7	4
16,24/h=77	Flamingo	95,67	47,59	7	4
37,5512/h=50	Blå-polystyren	95,00	68,93	7	3
60/h=70	Pur	89,29	44,2	6	2
60/h=77	Pur	86,56	53,75	6,38	2
60/h=93	Pur	83,20	37,6	6,38	1,88
35/h=70	Pur	92,86	1,1	7	2,5
35/h=77	Pur	91,88	51,82	6,38	2
35/h=93	Pur	86,56	31,81	5,63	1,5
35/h=104	Pur	87,38	26,32	6	1,5
110x98(90)x45(40)	Honeycomb	26,76	80,55	6,38	0,75
123(130)x107(107)x30(22)					
rør/h=69 d=113 hul=55	Pur	78,26	41,24	6,38	1,5
18/h=110	coladåse u skum 4 stk	83,52	26,64	6	1,5
18+skum/h=110	coladåse m skum 4stk	78,26	20,65	6,38	1,88
200x77x10 (60(6x10mm))	Aramid honeycomb	33,50	42,5	6,38	0,75

Figur 5.10: Sammenhold af resultater

5.5 Opsummering

Her bliver opsummeret på hver enkelt testet materiale. Opsummeringen vil omfatte resultaterne fra både det kvasistatiske deformations og det dynamiske deformations forsøg. Efterfølgende vil der ud fra disse blive vurderet, hvilke materiale(r), der arbejdes videre med i løsningsdelen.

Ifølge teorien var der forventninger om at materialerne i de dynamiske forsøg, pga. hastigheden ville opnå øget sprødhed. Der blev ikke observeret nogle revner på tværs af kolissionsretningen i nogle af test emnerne. Dette antyder at ingen af de testede materialer opnår for høj sprødhed til at kunne benyttes som stødzone. I alle forsøgene, undtagen honeycomb, var test emnernes volumen ikke store nok til at kunne optage 735J.

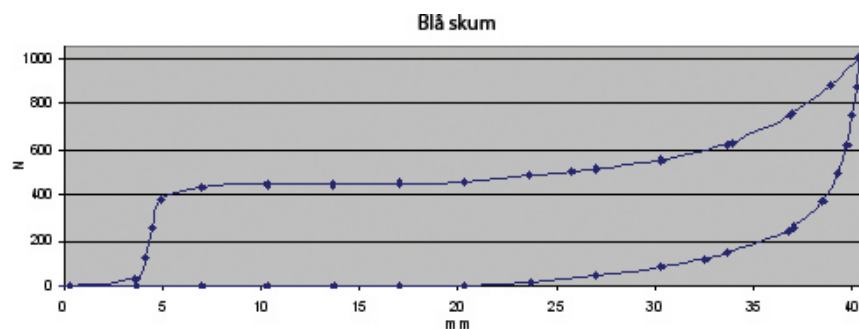
5.5.1 Blå skum

	Blå skum, A:200mm · 300mm
Vægt[kg]	0,72
L _{7350J} [mm]	322
G _{gennemsnit} [G]	10

Tabel 5.2: Resultat for blå skum, kvasistatisk deformation

Det kan ses ud fra tabel 5.2, at det blå skum er den type skum, der leverer den bedste energioptagelse. Derved vil den også give den korteste stødzone. Vel at mærke kun hvis den konstrueres i skum. Materialet kan deformere 79% i 1 aksial retning, hvilket resulterer i en

tilstrækkelig bremselængde, der giver at nedbremsningen ikke overstiger en G-påvirkning på 20G. Se tabel 5.2 på modstående side.



Figur 5.11: Arbejdskurve kvasistatiske deformationsforsøg; blå skum

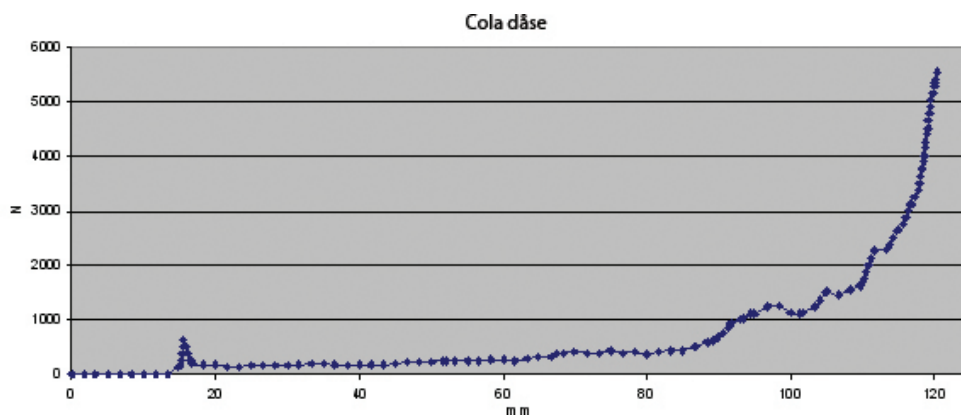
Blå skum afgiver for meget energi på tilbagevejen. Det kan observeres på filmene fra de dynamiske forsøg og ses på figur 5.11. Materialet deformerer 95%, men udvider sig igen. På 5.10 på modstående side kan man se at vægten opnår en hastighed på 3m/s samt en G-påvirkning på 9G på tilbagevejen. Derfor er materialet ikke brugbart til stødzonen, idet materialet giver en uønsket fjedereffekt.

5.5.2 Dåse

	Dåse, A:200mm · 300mm
Vægt[kg]	1,85
L_{7350J} [mm]	2743
$G_{\text{gennemsnit}}$ [G]	1

Tabel 5.3: Resultat for dåse, kvasistatisk deformation

Dåsen er det materiale, der optager mindst energi jf. tabel 5.3 og figur 5.12. Det er det materiale, som kan deformere mest, 91%, men det lave energioptag vil give en stødzone på mindst 2,75m. Det vil aldrig blive aktuelt for Unicorn Racing Team at benytte så lang en stødzone på G2 bilen.



Figur 5.12: Arbejdskurve kvasistatiske deformationsforsøg; cola dåse

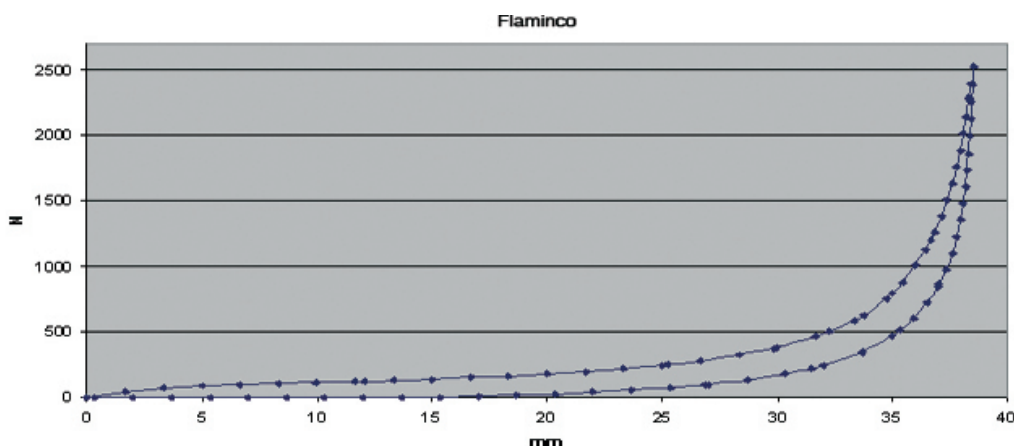
Det dynamiske deformations forsøg viser en pæn deceleration på gennemsnitlig 27G, hvilket svare til 12,5G i 1:1, men energioptaget er for lavt.

5.5.3 Flamingo

	Flamingo, A:200mm · 300mm
Vægt[kg]	1,46
L_{7350J} [mm]	1496
$G_{\text{gennemsnit}}$ [G]	3

Tabel 5.4: Resultat for flamingo, kvasistatisk deformation

Flamingo optager $0,08\text{J}/\text{cm}^3$. Det vil give en stødzone på mindst 1,5m, hvilket er for langt. Se tabel 5.4. Ud fra det dynamiske deformations forsøg, kan det konkluderes at stødzo-
nen har en ufordelagtig fjedereffekt. Hastigheden på tilbagevejen er op mod 4,5m/s og G-påvirkningen er oppe på 49G. Der sker ingen nævneværdig plastisk/permanent deformation. Deformationen er elastisk ved stødet, og materialet vender næsten tilbage til sin oprindelige form. Dette er ufordelagtigt, da det vil skubbe Unicorn racerbilen tilbage ved et sammen stød, og udsætte føreren for en modsat rettet G-påvirkning.



Figur 5.13: Arbejdskurve kvasistatiske deformationsforsøg; flamingo

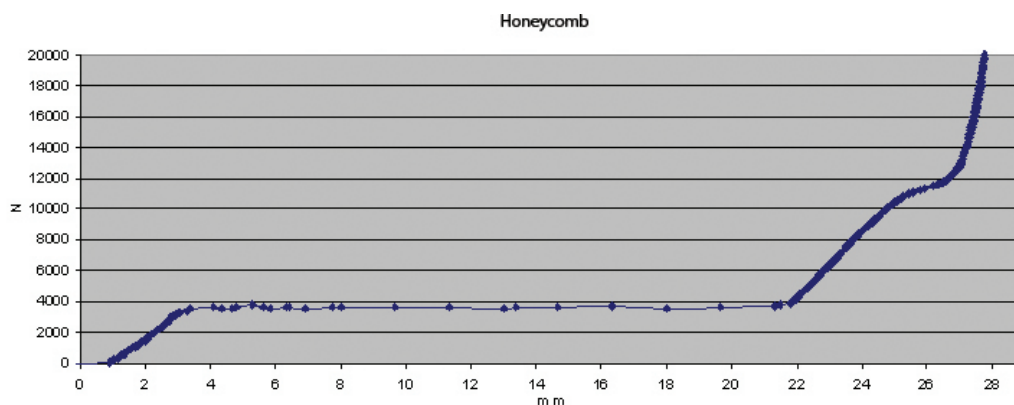
5.5.4 Honeycomb

	Honeycomb, A:100mm · 200mm
Vægt[kg]	0,58
L_{7350J} [mm]	179
$G_{\text{gennemsnit}}$ [G]	19

Tabel 5.5: Resultat for honeycomb, kvasistatisk deformation

Idet aramid-honeycomb kun er blevet skaffet i en lille mængde, indgår det ikke i det kvasistatiske deformations forsøg. Derfor arbejdes der ikke videre med aramid-honeycomb,

idet projektgruppen ikke har tilstrækkeligt med resultater omkring materialet. Aluminiumshoneycomb vil derfor blive beskrevet som honeycomb i det efterfølgende. Honeycomb er det materiale, der kan optage mest energi. Hvis stødzonens bundareal, konstrueres i henhold til SAE® reglementets minimumskrav på 100x200 mm, vil det give en stødzone med længden 179mm og vægten 0,576kg. Se tabel 5.5 på modstående side. Eftersom honeycomb kan deformere 74% vil det give en gennemsnitlig G-påvirkning på 19G.



Figur 5.14: Arbejdskurve kvasistatiske deformationsforsøg; aluminiumshoneycomb

I det kvasistatiske deformations forsøg kan det ses at honeycomb udelukkende bliver udsat for 1 aksial deformation, og der er ingen nævneværdig fjedereffekt. Se figur 5.14.

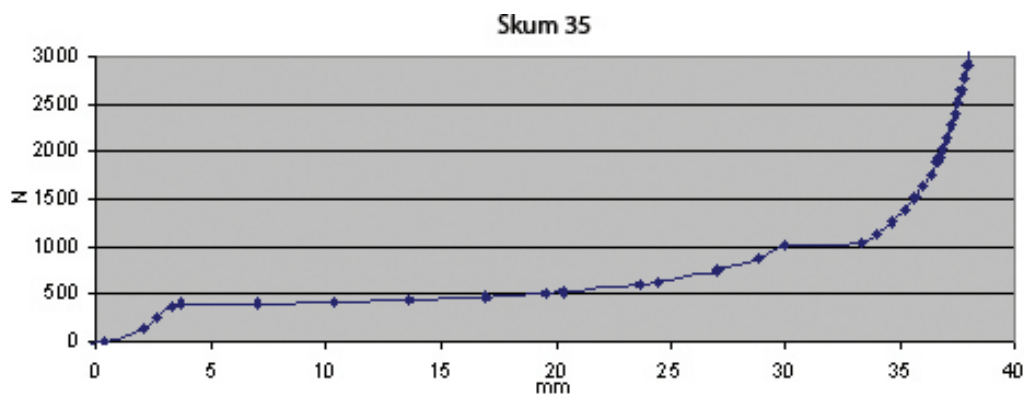
Honeycomb deformerer ved stødet 27% og den gennemsnitlige G-påvirkning er 81G, for en længde på 70mm jf. figur 5.10 på side 44. Dvs. det optager for meget energi på for kort tid, og derved fås den høje G-påvirkning. Der svare til en G-påvirkning på 37,6G i 1:1. Dermed kan konkluderes at arealet skal være mindre end ved forsøget, for derved at få en længere bremselængde, og opnå en lavere G-påvirkning.

5.5.5 Skum 35

	Skum 35, A:200mm · 300mm
Vægt[kg]	0,75
L _{7350J} [mm]	359
G _{gennemsnit} [G]	9

Tabel 5.6: Resultat for skum 35, kvasistatisk deformation

Skum 35 optager 0,34J/cm³. Det kan deformere 82%. Det vil mindst give en stødzone med længden 359mm, hvilket er væsentligt større end honeycomb. Se tabel 5.6. Vægten er kun 0,174kg tungere end honeycomb. Det giver en G-påvirkning på 9G. Jf. tabel 5.6 på side 38. Arbejdskurven for det kvasistatiske deformationsforsøg ses på figur 5.15 på næste side.



Figur 5.15: Arbejdskurve kvasistatiske deformationsforsøg; skum 35

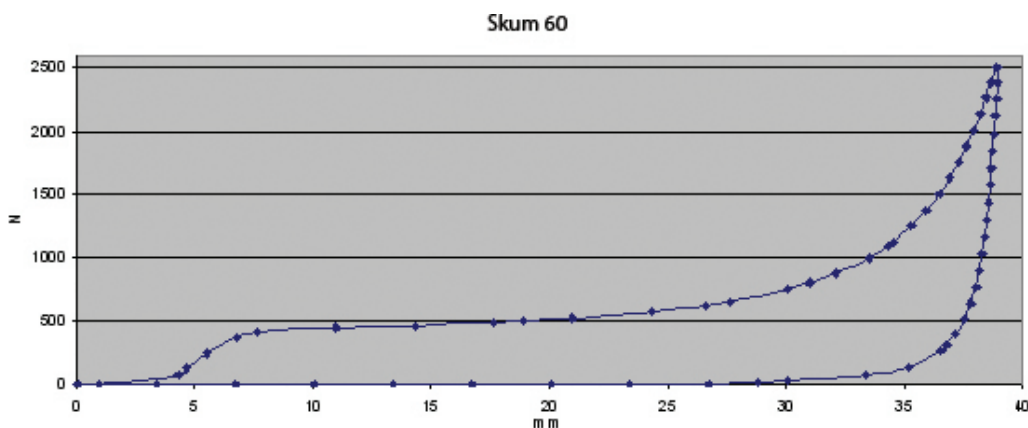
I det kvasistatiske deformations forsøg kan det ses at skum 35 gennemsnitligt deformerer 90%. Dvs at materialeprøverne i det kvasistatiske deformations forsøg deformerer i 3 aksial retning og derved ikke absorberer tilstrækkelig energi. Det kan tydeligt ses på test emnerne.

5.5.6 Skum 60

	Skum 60 A:200mm · 300mm
Vægt[kg]	1,28
L_{7350J} [mm]	354
$G_{\text{gennemsnit}}$ [G]	10

Tabel 5.7: Resultat for skum 60, kvasistatisk deformation

Skum 60 optager $0,35\text{J}/\text{cm}^3$. Det kan deformere 72%. Det vil mindst give en stødzone med længden 355mm. Det vil give en vægt på 1,28kg. Se tabel 5.7. Materialet vil give en deceleration på maksimalt 10G. Arbejdskurven for det kvasistatiske deformationsforsøg ses på figur 5.16.



Figur 5.16: Arbejdskurve kvasistatiske deformationsforsøg; skum 60

I det kvasistatiske deformations forsøg kan det ses at skum 60 deformerer mellem 83% og

90%. Dvs at materialeprøverne i det kvasistatiske deformations forsøg deformerer i 3 aksial retning og derved ikke absorberer tilstrækkelig energi. Det kan tydeligt ses på test emnerne.

5.5.7 Sammenhold af honeycomb, skum 35 og skum 60

	Honeycomb	Skum 35	Skum 60
Vægt[kg]	0,58	0,75	1,28
L_{7350J}[mm]	179	359	354
G_{gennemsnit}[G]	19	9	10

Tabel 5.8: Sammenligning af Honeycomb, skum 35 og skum 60, kvasistatisk deformation

Skum 35, skum 60 og honeycomb er de materialer, der overholder kravene til G-påvirkning og energioptag og samtidig ikke har uønsket fjedereffekt. Derfor sammenlignes disse, og fordele og ulemper vurderes. Se tabel 5.8.

Det kan ses at skum 60 bliver 4mm kortere end skum 35.

Skum 60 klodsens bliver derfor 0,53kg tungere end klods 35. Dvs. 70% mere end skum 35's egen vægt. Idet skum 60 blot er 4mm kortere, vil det ikke kunne opveje for den ekstra vægt, og skum 35 må derfor være at foretrække af de to.

Honeycomb kan optage energien 7350J, på den mindste bremselængde, samt holde sig under 20G i nedbremsningen. Honeycomb vil altså udgøre en mindre stødzone end skum 35, og være 0,174kg lettere. Designmæssigt er der større variationsmuligheder ved brug af skum 35, idet det betragtes som et kontinuum og er let bearbejdeligt og honeycomb i dette projekt kun vil bearbejdes i kubisk form. Skum 35 er betydeligt billigere end honeycomb samt let at fremskaffe.

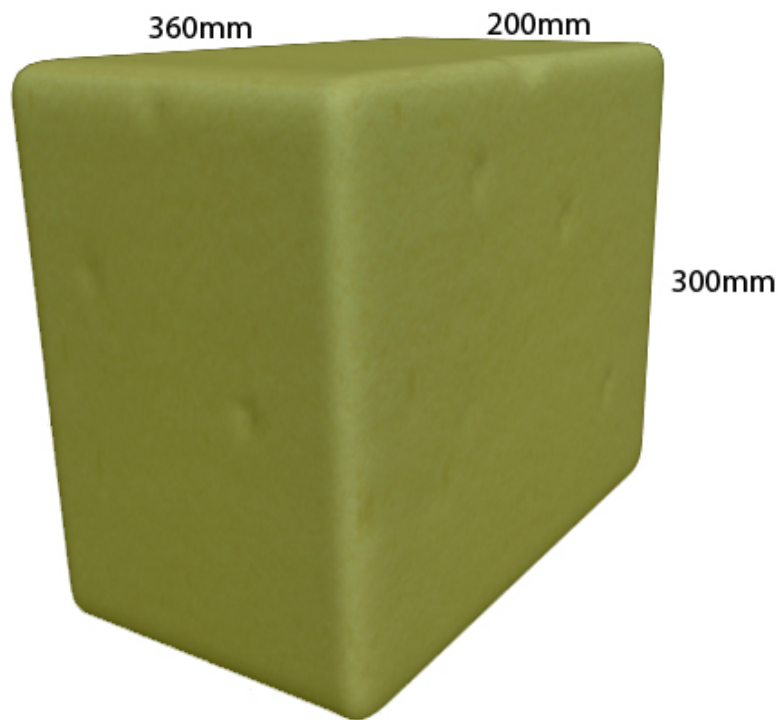
Ud fra det kvasistatiske deformations forsøg og det dynamiske deformations forsøg kan det konkluderes at skum 35 og honeycomb er de bedste materialer at udforme en stødzone i. Begge løsninger vil have fordele og ulemper i forhold til vægt, størrelse og pris samt bearbejdelighed. Derfor udformes to løsningsforslag, hvor fordele og ulemper belyses. Derudfra kan Unicorn Racing Team selv vælge, hvilken løsning der passer bedst til deres behov og ønsker i forhold til størrelse, vægt, pris og bearbejdelighed.

6.1 Løsningsforslag 1

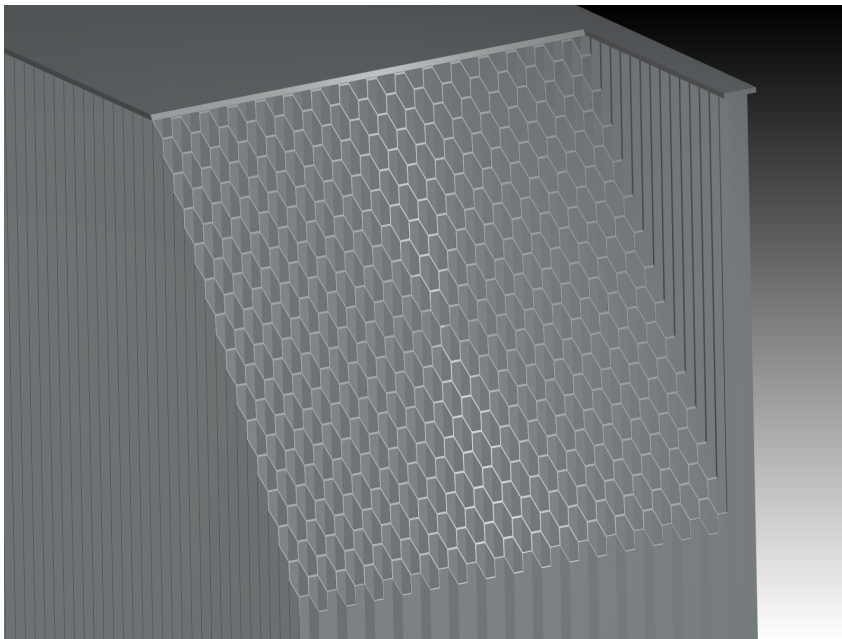
Resultaterne fra forsøgene viser at skum 35 er den skumtype, der egner sig bedst som materiale til stødzone. Se figur 6.1 på næste side. Det kan decelerere fra 7m/s til 0m/s uden at overstige 20G, og kan optage energien 7350J med det laveste vægt/volumen forhold. Nedenfor er listet specifikationerne for stødzone konstrueret i skum 35, som vil overholde SAE® reglementet jf. figur 5.6 på side 38.

- Materiale: PUR-skum med en densitet på 35kg/m^2
- Vægt: 0,75 kg
- Dimensioner: 200mm · 300mm · 359mm

Materialet er let tilgængeligt og bearbejdeligt. En stødzone i skum35 vil i de givne dimensioner koste; "en stang wienerbrød"[15].



Figur 6.1: Løsning i skum 35



Figur 6.2: Honeycomb - Solidworks

6.2 Løsningsforslag 2

Følgende løsningsforslag er for materialet honeycomb. På figur 6.2 på forrige side ses en tegning af honeycomb strukturen tegnet i solidworks.

Det honeycomb der er blevet testet i forsøgene er på forespørgsel udleveret af Flymateriel Kommandoen, Hovedværksted Aalborg. Efter forskellige udførte tests på dette materiale, er resultatet at den honeycomb der blev brugt, en aluminiumshoneycomb, skal have følgende dimensioner og vægt:

- Materiale: Aluminiumshoneycomb
- Vægt: 0,58kg
- Dimensioner: 100·200·180mm

Aluminiumshoneycomben vil altså opfylde kravene i forhold til SAE® reglementet. Derved holdes G-påvirkningen fra stødet under 20G, og samtidigt er man indenfor dimensionerne. Desuden er materialet meget let at arbejde i. Det er dog ikke muligt at få nøjagtige data på typen af honeycomb, da dette er bearbejdet prøve fra et F-16 fly. Der kigges derfor andre veje. I den forbindelse har gruppen haft kontakt med Hexcel Corp. Inc., som er en international leverandør af kompositter, fibre og honeycomb af mange typer. Følgende er Hexcels generelle formel, brugt på dette projekt, for at finde trykstyrken for det af dem produceret honeycomb.

Hexcel foreskriver en forknusning til at skulle være mellem 3,2mm og 6,4mm, afhængig af emnets fulde længde. For størst sikkerhedsmargen vælges forknusningen til at være 6,4mm.

m: Vægt af emne der skal stoppes: 300 kg

v: Hastighed (velocity): 7m/s

g: Tyngdeaccelerationen: 9.82m/s²

p_c: Styrke for honeycomb: X kg/m² (følger skematisk oversigt fra producenten)

A_c: Front areal af honeycomb som skal stoppe emnet. 0,2m·0,25m = 0,05m²

T_c: Honeycomb emnets fulde længde.

s_c: 70% af den kollapsende længde.

forknusning = 0,0064m

Dist. : max længde, for at overholde G-påvirkningen. Ifølge 4.2 på side 29 er den 0,125m

T_c(20G): Den fulde længde for stødzonen ved en nedbremsning på max 20G

$$s_c + \text{forknusning} = 0,185m \quad (6.1)$$

Trykstyrke (p_c)

$$\frac{m}{2g} \cdot v^2 = p_c \cdot A_c \cdot s \quad (6.2)$$

⇕

$$p_c = \frac{m}{2g} \cdot v^2 \cdot \frac{1}{A_c \cdot s} = 81110kg/m^2 = 795,4kPa = 115,4psi \quad (6.3)$$

Ud fra disse beregninger anbefaler Hexcel Corp. Inc. at bruge deres ACG-3/8-3.3 honeycomb 200mm·250mm og 0.178m (ved 20G) og inklusiv forknusning. Denne type er af producenten testet til at have en kollapsstyrke på 120 psi

Dette er naturligvis gældende for Hexcel's produkter. Dog følger de gældende standarder således, at der skulle være en vis lighed sammenlignet med andre produkter af samme typer. Efter disse beregninger har gruppen taget kontakt til Hexcels svenske importør for at få et prisoverslag på materialer. Honeycomb sælges kun i plader på 2500 · 1250mm. Disse plader fås i tykkelser fra 6,35mm til maksimalt 200mm. Dog er 200mm meget usædvanligt og derfor ekstraordinært dyrt.

Prisoverslaget som er kommet retur lyder som følger:

Honeycomb af typen: Hexcel, ACG 3/8-ACG-.003N-3.7 i standardmålene; 2500 · 1250mm i henholdsvis tykkelserne 100mm og 150mm.

For størrelsen 2500 · 1250 · 100 er prisen 575,75 Euro

For størrelsen 2500 · 1250 · 150 er prisen 824,20 Euro

Forsendelse koster, via den svenske importør: 2000 SKr.

Det vil sige at et stykke honeycomb med målene 2500 · 1250 · 100mm kan være Unicorn teamet i hænde for ca. 5938,- Dkr. Af dette stykke vil man være istand til at lave indtil flere stødzoner.

6.3 Vurdering af løsningsforslag

Der opstilles to løsningsforslag:

- PUR-skum, densitet på 35kg/m²
- Honeycomb model ACG 3/8-ACG-.003N-3.7 i henhold til Hexcel Corp.Inc. sortement

De to løsningsforslag har forskellige fordele og ulemper, nedenfor ses et skema med fordele:

Honeycomb	Skum
Vægt	Pris
Størrelsen	Bearbejdning

Tabel 6.1: Fordele

Det næste skema viser ulemperne:

Honeycomb	Skum
Pris	Vægt
Bearbejdning	Energioptagelse

Tabel 6.2: Ulemper

Ved afvægtning af fordele og ulemper kan det konkluderes, at en stødzone af skum vil være at foretrække, dette skyldes prisen. Skum er et tungere materiale, og længden på stødzone skal være 180mm længere med honeycomb. Dog er skum mere end 98% billigere end honeycomb.

Perspektivering

I følgende afsnit reflekteres over valg foretaget i projektet, i forhold til at løse den valgte problemstilling; stødzone til Unicorn G2 racerbilen.

Der er undervejs foretaget en naturlig afgrænsning af hvilke materialer, der er udvalgt til nærmere undersøgelse. Havde flere af materialerne være lettere tilgængelig, så kunne det tænkes at løsningsforslagene havde set anderledes ud.

Dette må ligge hen i det uvisse.

Nogle af de testede materialer var restmaterialer fra brugte flyvinger. Testklodserne til de kvasistatiske forsøg er derudover skåret til i hånden, og testemnerne til de dynamiske deformationsforsøg er udskåret på en rundsav, med en stor klinge. Derfor kan der være en usikkerhed i testemnerne. Ydermere er der i projektet valgt udelukkende at beskæftige sig med en kubisk form på stødzonen. Dette har simplificeret databehandling, og gjort sammenhold af materialer overskuelig. Pga. skums bearbejdighed og lave G-påvirkning er der muligheder i formgivningen af stødzonen. Da skum er et kontinuum, er der på grundlag af resultaterne i forsøgene mulighed for at beregne skummets energioptag ved en anden form end kubisk. Ændres honeycombs form fra kubisk, skal der anvendes mere komplekse udregninger. Derfor er den kubiske form anvendt på alle testmaterialer.

Endvidere har projektgruppen valgt at afgrænse sig fra en stødzone i varierende materiale og densitet. En stødzone i skum kan konstrueres i lag med varierende densiteter. Da vil maksimalt energioptag kunne beregnes således:

$$E_{max} = \sum_n^1 \sigma_{gnms} \cdot \int_{n \cdot h_n}^{n \cdot h_n - \Delta s} V \quad (7.1)$$

E_{max} = maksimalt energioptag

$\sum_n^1 \sigma_{gnms}$ = sum af gennemsnitlig spænding i hvert lag

n = antal lag

h_n = højde for hvert n'te lag

Δs = deformation

V = volumen af stødzone

Derved er det teoretisk set muligt at have skum i lag med tiltagende densitet, da der ikke er krav til maksimal G-påvirkning, men til den gennemsnitlige G-påvirkning. Teoretisk har skum med fx densitet 100kg/m^3 større tendens til sprødhed end skum med densitet 35kg/m^3 . Dette kan omgås ved at lægge det hårde skum inderst, og derved mindske sprødhed, idet hastigheden er nedsat når kollisionen når det hårdere skum. Dog vil de skumtyper, der er

blevet undersøgt ikke forbedre løsningsforslaget mærkbart ved varierende densiteter. Resultaterne fra de dynamiske forsøg ville i højere grad have været brugbare, hvis de statiske forsøg havde været udført inden. Derved havde det været muligt at dimensionere testklodserne i de dynamiske forsøg, så de teoretisk passede med energioptaget på 735J. Dette var ikke muligt idet udførelsen afhang af lånt udstyr, som igen var afhængig af hjælp fra tredje part. Resultaterne viste ikke de tegn på sprødhed som forventet, og dette kan skyldes den tilfældige dimensionering af testklodserne.

I databehandling er det valgt ikke at lave arbejdskurver med (σ, ϵ) , men i stedet (F, mm) .

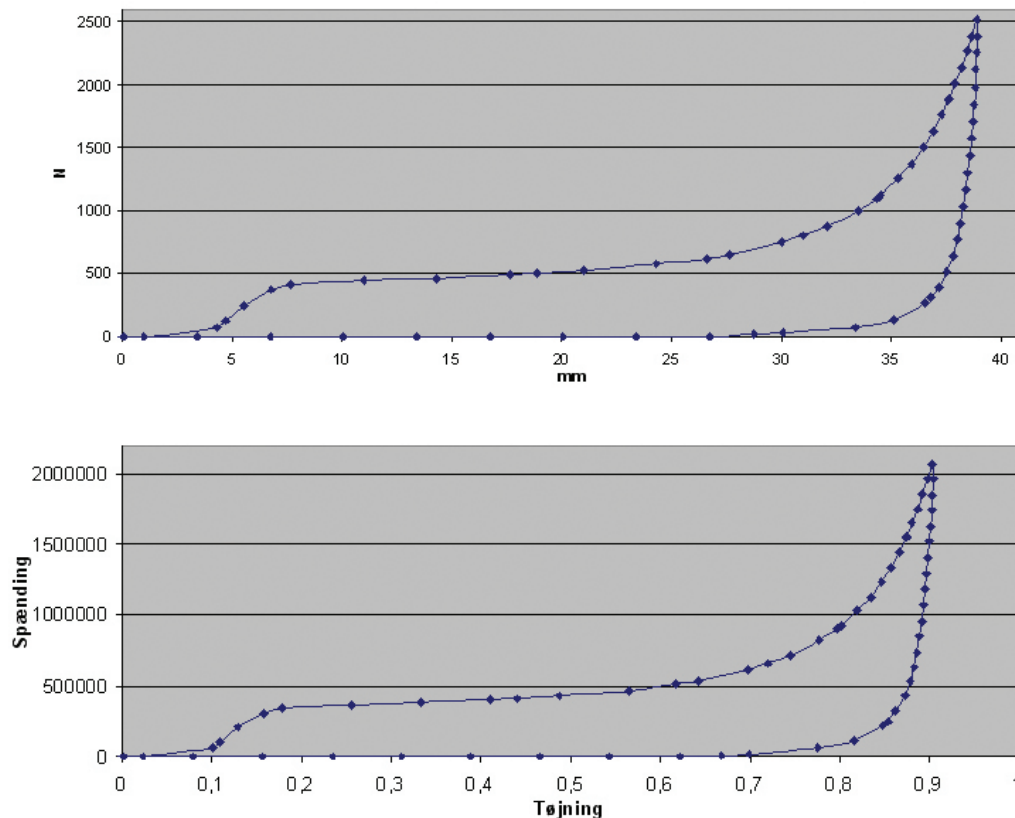
σ = spænding

ϵ = tøjning

F = Kraft

mm = deformation

Ved at lave (σ, ϵ) grafer får man bare en ledt anderledes udregnings form, men da der udregnes et energi/volumen forhold ud fra (F, mm) og dette tal bruges til sammenligning, er der blevet vurderet fra gruppens side, at der ikke er behov for (σ, ϵ) kurver. Det ses på figur 7.1, at de to typer af arbejdskurver er ens.



Figur 7.1: Arbejdskurver for skum 60

	(σ, ε)	(F, mm)	Afvigelse %
$E[\text{J}]/V[\text{cm}^3]$	0,32	0,35	9
$L_{7350J}[\text{mm}]$	385	354	8
$G_{\text{gennemsnit}}[\text{G}]$	9	10	10
Vægt[kg]	1,4	1,3	7

Tabel 7.1: Sammenligning mellem de to former for resultater

Afvigelsen skyldes måden hvorpå vi udregner arealet under arbejdskurven. Se tabel 7.1 på modstående side. Denne afvigelse kunne være udlignet, ved at udregne arealet under arbejdskurven som Riemann summer. Dette er ikke en bedste måde at udregne arealet, men er af projektgruppen blevet vurderet som en bedre beregningsmetode.

Overordnet kunne de her omtalte procedurer have været anderledes, men idet projektgruppen har løst den stillede problemstilling på tilstrækkelig vis, må valgene foretaget i projektet vurderes at være rigtige.

I dette afsnit uddrages en overordnet konklusion fra de foregående afsnits opsummeringer og vurderinger. Analysearbejdet i rapporten har vist, at honeycomb og skum 35, er de to bedst egnede materialer til at optage energi ved 1 aksial deformation, af de testede materialer. Beregningerne viser, at begge materialer kan optage 7350J ved et stød med 300kg og 7m/s og decelerere under 20G med de dimensioner der bliver redegjort for i løsningsforslagene.

Det er derfor svært at udelukke det ene frem for det andet alene pga. forsøgsresultaterne. Se tabel 8.1.

	Honeycomb	Skum 35
Vægt[kg]	0,58	0,75
L_{7350J}[mm]	179	359
G_{gennemsnit}[G]	19	9
Pris m. fragt ca. [Dkr]	6000	100

Tabel 8.1: Sammenligning af Honeycomb og skum 35

Honeycomb vil udgøre den mindste og letteste stødzone, men den vil være markant dyrere. Se tabel 8.1. Skum 35 anbefales af denne grund som materiale til stødzonen.

- [1] | <http://www.sae.org/about/general>.
- [2] | <http://www.sae-a.com.au/fsae/>.
- [3] | <http://atlasf1.autosport.com/news/safety.html>.
- [4] | <http://sponsoring.allianz.com/en/formula1/illustrations>.
- [5] | <http://www.bayermaterialsscience.com>.
- [6] | <http://www.thieme-products.com/e/pur/Download/BayfillEA.pdf>.
- [7] | <http://www.alporas.com>.
- [8] | <http://www.hexcel.com>.
- [9] | <http://www.ultracorinc.com>.
- [10] | <http://www.aluminum.org>.
- [11] *I-speed 2 Pruduct Guide*. Olympus Industrial. se vedlagte cd.
- [12] *resultater fra det kvasistatisk deformation se vedlagte cd mappen Test resultater test 1*.
- [13] *resultater samt videoer fra det dynamiske deformations forsøg se vedlagte cd mappen Test resultater test 2*.
- [14] D. Jean Clandinin and F. Michael Connoly. *Narrative and story in practice and research*. N/A, 1989.
- [15] Fin Højgaard. *telefoninterview*. Dan-Iso.
- [16] S. Kvale. *En introduktion til det kvalitative forskningsinterview*. Hans Reitzels Forlag, København, 1994.
- [17] Fraunhofer IFAM Institute Manufacturing and Advanced Materials. *Foam-in-al® Properties Overview and Design Guideline*. Fraunhofer IFAM, |<http://www.ifam.fraunhofer.de>.
- [18] Denis Weaire and Stefan Hutzler. *The Physics of Foams*. Number ISBN: 01-985-1097-7. Oxford University Press, USA; New Ed edition, 2001.

[19] Zhenyu Xue and John W. Hutchinson. *International Journal for numerical methods in engineering*: 65:2221-2245.

Sørger for nummerering med bogstaver i stedet

DEL
I
APPENDIX

Metode - Narrativ

Fortællingen om Unicorn Racing Team er konstrueret efter den Narrative metode. Ifølge metoden klarlægges fortællingen først ved at udforme en 1/2 sides synopsis, der redegør for indholdet. Fortællingen skal have 3 faser: Begyndelse, midte og slutning.

Fortællingen skal redegøre for følgende: Plot, tid, sted, aktører, kontekst, handlinger, begivenheder samt konsekvenser.

Synopsis

Beskrivelse af Englandsturen, hvor de skulle deltage i deres første SAE racerløb. De to uger op til løbet, hvor de arbejdede konstant. De indførte skiftehold for at nå at blive klar. Den længste nattesøvn de fik, var den første nat i England.

AAU vil deltage i SAE® racerbilsløb. Til formålet skal der konstrueres en Formula SAE® racerbil. Den skal konstrueres i henhold til SAE® reglementet. Vigtigt at nævne er at den udelukkende skal udarbejdes af studerende. I foråret 2003 udarbejdes et chassis i et P2 projekt på Industri. (Tre fra denne projektgruppe skulle senere fungere som koordinatører). Efteråret 2003 lanceres Unicorn Racerbilsprojektet som et Basisprojekt. Studerende fra A&D, globalforretningsudvikling samt industri på basisåret. Projektet skal fungere som et PR-redskab for Det Teknisk-Naturvidenskabelige Basisår samt danne grundlag for spændende og motiverende projekter. Ideen er at "manden fra gaden" får muligheden for at konstruere en racerbil. Det var meningen at bilen skulle fortsætte som studieprojekt frem til sommeren 2005, hvor bilen skulle deltage i et racerløb. Projektet blev dog, efter basisårets P1 og P2 projekterne, der sluttede sommeren 2004, et fritidsprojekt. Projektet blev overtaget af seks studerende, der besluttede at føre projektet videre, og bruge deres fritid på det. De studerende de stadig er med er Johnny Larsen, Michael Christensen, Jeppe Kirkegaard, Bo Tinggaard. De havde en helt flad ledelsesstruktur. Det var forholdsvis nemt at strukturere arbejdet og uddelegering opgaver samt sikre vidensdeling, da de var et meget sammentømret team på blot "seks" personer. Efterhånden som der kom flere medlemmer til Racerbilsgruppen, blev det vigtigt at strukturere arbejdet mere. Derfor uddelegeres opgaverne i mindre arbejdsgrupper på 2-3 personer. Opgaverne fordeles efter interesse. De forsøger at sætte en fra de "oprindelige seks" i hver arbejdsgruppe. Det hele struktureres i et Gant skema og de holder statusmøder hver tirsdag.

Projektet giver dem mange gode erfaringer som de kan bruge i studiet. For Jeppe som er færdig har erfaringerne med racerbilen været meget givende. Han kan bruge det konkret i sit job. Han har fået bedre forståelse for konstruktion og el, samt en endnu bedre sans for organisering af et "virkeligt" projekt. Han er med fordi han er gal med biler, og han ser det som en unik mulighed for at komme i dybden med sin interesse for biler. Samtidig har det så været erfaringsgivende for ham. Der er store perspektiver i at danne fællesskaber på fritidsbasis. Næste løb er i Australien i december. De er nu ved at lave en G2 bil, der skal køre i England 12-15 juli 2007. Derudover skal den køre løb i Tyskland og Italien.

Metode til Interview

.0.1 Steiner Kvale - Det kvalitative Interview

Steiner Kvales teori om metoden; "Det kvalitative interview", opstilles hypoteser, forskningsspørgsmål og interviewspørgsmål. Iflg. Steiner Kvale teori opstilles hypoteser for deres arbejde. Derudfra opstilles forskningsspørgsmål, der er til intern brug. De skal klarlægge, hvad det er der ønskes at vide og finde ud af i interviewet. Vha. dem laves interviewspørgsmål, der bruges som guide i det halvåbne interview med Unicorngruppens medlemmer. Det kvalitative interview giver interviewerens mulighed for at springe ud af manuskriptet og følge op på relevante og interessante ledetråde.

.0.2 Hypoteser

Gennem racerbilsprojektet opnår de erfaring som de kan bruge i hverdagen på deres studie og som kan vise sig nyttig når de kommer ud i erhvervslivet. Erfaringerne består både i tekniske konstruktionsmæssige erfaringer samt sociale og organisatoriske erfaringer man opnår gennem det gruppeorienterede racerbilsprojekt.

Medlemmerne har brugt tid på at samle alle disse erfaringer, været gennem mange komplicerede problemfyldte processer og har rundet milepæle, der har været af stor betydning for udviklingen af racerbilen.

De har organiseret deres arbejde, så opgaverne deles ud på forskellige arbejdsgrupper. Racerbilen bliver delt op i dens konstruktionsdele, og hver arbejdsgruppe arbejder i dybden med en eller flere af disse. De undersøger hvorledes deres del kan udvikles så den forbedrer racerbilens præstation, samt vægter dette med omkostningerne. Gennem ugentlige møder, med en udarbejdet dagsorden, deler arbejdsgrupperne internt viden og gør status i racerbilsgruppen/organisationen.

Arbejdet har stor betydning for alle organisationens medlemmer både teknisk, fagligt, personligt og socialt.

.0.3 Forskningsspørgsmål

Tror de der opnås erfaringer gennem arbejdet med racerbilen som kommer dem til gode, når de skal ud i erhvervslivet? Hvorledes kan erfaringerne bruges i den studerendes hverdag og daglige arbejde? Hvilke erfaringer er iflg. dem selv de(n) mest værdifulde - de konstruktionsmæssige og tekniske eller de sociale og organisatoriske erfaringer?

Hvornår startede Unicorn@projektet? Hvornår deltog racerbilen første gang i et løb? Hvor mange løb har racerbilen deltaget i? Hvornår blev Unicorn@projektet til et projekt på fritidsbasis? Hvor meget tid bruges der på uge- el. månedsbasis på arbejdet med racerbilen? Er der lavet betydelige ændringer i organisationen under forløbet? Hvis ja - hvorfor? Er der milepæle i projektets levetid, der har haft særlig betydning?

Hvordan er ledelsesstrukturen - flad eller hierarkisk? Hvordan fordeles arbejdsopgaver i organisationen? Hvordan sikrer de vidensdeling i organisationen? Har de folk med spidskompetencer indenfor visse områder? Hvis ja - formidles denne viden så ud til de øvrige i racerteamet?

Hvad får disse mennesker til at danne dette fællesskab, og bruge deres fritid på det? Hvorledes reflekterer hver enkelt medlem over projektets/fællesskabets betydning for de tekniske og faglige erfaringer, samt de personlige og sociale?

Interview

Interview 1:

Hvad hedder du?

"Jeppe Funk Kirkegaard."

Hvor gammel er du?

"27 år."

Hvad linie har du bestået? Og hvornår?

Institut for produktion. Bestod i sommers (2006). Jeg laver projekt for Novo nordisk. Jeg er ansat ved Institut for Produktion.

Hvornår kom du med i racerbilsprojektet?

Jeg var med fra starten med Michael og dem - jeg var koordinater i 2003 og det er mit 7. semester med racerbilen.

Hvorfor vælger du at bruge din fritid på racerbilsprojektet?

Jeg er gal med biler. Det er noget jeg har prioriteret. Jeg ser det som en stor mulighed at bygge en racerbil - hvornår ellers??

Hvor meget tid bruger du ca. om ugen på at arbejde med racerbilen?

Det er vist heldigt at kæresten først er kommet ind sent. 5-10 timer - i perioder 70-80 timer pr uge. Op til England kørte vi i skiftehold. Nogle gange bruger jeg måske mere tid på racerbil end godt er. Min arbejdsgiver ville måske ikke være helt tilfreds hvis han vidste hvordan det er til tider.

Går det ud over dit arbejde på arbejdet?

Jeg har 47 timers arbejdsuge - men bruger alligevel tid på bilen. Afgangprojektet kom lidt i baggrunden, jeg skrev det på 10 dage, men fik da 11. Jeg arbejder bedst under pres. Jeg har til tider brugt mere tid på bilen end på projekterne.

Kunne du bruge de erfaringer du gjorde dig, gennem arbejdet med racerbilen, i det daglige arbejde på universitetet? Og kan du bruge det på dit arbejde nu?

Som sådan kan man jo ikke bruge det til noget, for det kommer ikke til at stå på ens eksamensbevis. Men den erfaring man får er uvurderlig. Jeg har fået bedre forståelse for konstruktioner og design. Derfor kan jeg bruge det i hverdagen. Man bliver bedre gennem erfar-

ing. Jeg er blevet bedre til at se hvad er praktisk og hvad fungerer bedst, en bedre ingeniør. Alternativet er fejl på arbejde det første år - i stedet har jeg lavet dem på racerbilen. Jeg har også fået kontakter til erhvervslivet gennem projektet.

Er der særlige erfaringer du ser som meget værdifulde?

Tid og organisering. Fornemmelsen for kompleksiteten i et virkeligt projekt. Det er en god erfaring. Bedre til eksterne kontakter; indkøb osv. El: har vi ikke på min uddannelse men det har jeg så lært gennem racerbilsprojektet.

Hvordan oplever du det fællesskab I har om arbejdet med racerbilen?

Den lille gruppe vi var på seks mand var skidegodt. Det var ligesom en projektgruppe, men vi havde bare samme interesse! Vi gør det i stedet for fodbold eller rollespil. Der er jo så kommet flere til med tiden.

Hvor mange løb har racerbilen deltaget i?

Ingen. Da vi var i England var der problemer med at få den sikkerhedsgodkendt. Der var problemer med selen og med chassiset. Det blev godkendt, men vi kørte kun på testbane. De statiske vurderinger blev gennemført.

Hvornår blev Unicorn®projektet til et projekt på fritidsbasis?

I 2004.

Er der milepæle, som du husker, der har haft særlig stor betydning for projektet?

Da vi fik fuld adgang til værksted. Chassis på G1 færdigt. Da den var samlet og ude at køre første gang. Og så England. G2 til sommer i England, Tyskland, Italien. England d. 12-15 juli 2007.

Hvordan er jeres ledelsesstruktur? (evt. flad eller hierarkisk)

Flad ledelsesstruktur. Før da vi kun var 6 var det kaos. Ej, men det var nemt at overskue hinandens opgaver. Nu er vi flere, så vi deler opgaver ud i grp. På papir er Michael team-captain - står for sponsor. Dagligt er det nok mig. Jeg har ikke så længe igen. 7 måneder efter endt uddannelse må man ikke være med mere. Værkstedsleder det er så Bo.

Hvordan fordeler I arbejdsopgaver mellem jer?

Uddeler dem efter interesse. Vi har en gammel i hver grp. så vi sikrer at erfaringer bliver givet videre.

Hvad gør I for at den viden, som I hver især har, bliver gjort fælles?

Vi holder møder hver tirsdag, og tager referat. Hver grp dokumenterer de valg de foretager, så de andre ved hvorfor det er bedst og rigtigt. Vi laver en Designrapport på max 8 sider. Den sender vi til SAE. Den indeholder overvejelser og valg og masser af billeder.

Hvad med dommerne i SAE?

Dommerne i SAE er frivillige. En af vores dommere i England var daglig cheffingeniør ved Ford i England. Der var også en fra Renault F1.

Hvilke oplevelser fortæller du oftest til andre uden for Unicorn@projektet?

Den laver hjulspind i 4. gear. Tager 0-100 på under 4 sek. Og har en topfart på 250 km/t. Specifikationer om bilen som almindelige mennesker kan snakke med om.

Hvilke historier griner i mest af når I er sammen i Unicorn@projektet?

De berømte 14 dage inden England. Vi arbejder uafbrudt på skiftehold for at nå og blive færdige. Englandsturen og de gange vi har ødelagt noget i den. Vi skruede til sen aften hver dag i England. De andre Teams historier - 60 til at bygge deres bil. Snakker om de andre hold fra Englandsturen: Der var et hold, der havde Volvo som sponsor - de havde cheffingeniøren fra Volvo tilknyttet deres team. Mange af de andre har bedre forudsætninger. Grass i østrig, det var deres team som vandt. De havde gode i sponsor og masser af penge til udvikling osv.. Unicorn var eneste uden sponsor tøj. Vi fik meget ros eftersom vi var førsteårshold. Vi fik at vide vi var bedste førsteårsbil.

Interview 2:

Hvad hedder du?

Jakob Handau.

Hvor gammel er du?

20 år.

Hvilket semester og linie går du på? (el. Hvad linie har du bestået? Og hvornår?

3 semester (Industri og produktion)

Så du var med på basis?

Ja, jeg begyndte på 1. semester.

Hvorfor vælger du at bruge din fritid på racerbilsprojektet?

Det er jo benzin. Der er jo ikke noget der er sjovere end racerbiler. (Lidt snak om diesel og brændselsceller.!)

Hvor meget tid bruger du ca. om ugen på at arbejde med racerbilen?

10 timer eller sådan noget.

Går det ud over dit Studie?

Ja, måske. Nogle af fagene ville jeg måske lave lidt mere ved hvis jeg ikke havde det her. Men jeg synes jeg får mere ud af det her..

Kan du bruge de erfaringer du gør dig, gennem arbejdet med racerbilen, i det daglige arbejde på universitetet?

Ja, nu det stivhed vi sidder med kommer jo egentlig først senere på 4.-5. semester. Så man får tingene før tid gennem det her. Du kommer også ned i værkstedet og prøver noget af. Som gymnasieelev har du ikke prøvet at svejse og skære særlig meget.

Tror du arbejdet i Unicorn@projektet kan komme dig til gode når du skal ud i erhvervslivet? Det kan det gøre. Det kommer an på... I Danmark kan det måske ikke, men i udlandet kan det helt sikkert. De firmaer der sponsorerer konkurrencen er ikke den lokale mekaniker. Det er Renault og solidworks o. lign.

Hvordan oplever du det fællesskab I har om arbejdet med racerbilen?

Det er jo hygge. Det er mænd i værkstedet. Det bliver jo ikke bedre. Vi er jo alle sammen enige om at den perfekte kvinde hun...(censur).

Hvilke oplevelser fortæller du oftest til andre uden for Unicorn@projektet?

Ja der var her sidst, for to uger siden. Da var vi ude og køre. Det var første gang jeg var ude og køre i den. Det var stort.

Hvilke historier griner i mest af når I er sammen i Unicorn@projektet?

Meget hvad de andre hold havde. Der er jo både det gamle hold og det nye hold, så det er lidt svært at sige. Man er jo bare venner og hygger og snakker og sådan.

Var du med til England? Hvis ja, fortæl lidt om den!

Ja de to uger op til er lidt plørede for der sov man ikke. Den var omkring halvt færdig to uger inden. Vi kørte døgnet rundt, der var altid en mand nede i værkstedet. Jeg var mest nede og lave karossen. Jeg tog en uge hvor jeg lavede karosseri. Det var vores projekt på Basis. Det var hårdt, men det var sjovt. Det var male-bounding! Bilen havde ikke kørt endnu før den blev pakket i kassevogn og kørt af sted til England. Den havde kun lige været startet. Vi kørte derover, det tog næsten et helt døgn. Der var en masse kø på motorvejen. Ved nittiden fredag aften ankom vi til Brunthorpe, proovengrounds, det er sådan en nedlagt flybase. Vi fik pakket bilen og vores værkstedsrej ud og slået os ned. Rapporterne til de statiske events var ikke lavet hjemmefra, så der var to, der sad og skrev den om aftenen. Vi andre pudsede, satte klistermærker på og gjorde klar. Vi sov på ladet af vores lastbil på proovengrounds. Det må man egentlig ikke, men vi var så sent på den at vi fik lov alligevel. Konkurrencerne begyndte dagen efter, først de statiske events. Designrapporten og designeventet fik vi god respons på. Det var der en af dommerne inviterede os til Australien. Bilen skal også sikkerheds godkendes - det er Screw-to-neering. Der var nogle ting som ikke var overholdt i forhold til reglementet. Der var ingen triangulering bag forreste bulkhead. Det havde vi overset, da det var blevet føjet til senere. Indsugningsdelen i sidepoden var ikke beskyttet godt nok. Så har de en regel med at bolde og sådan skal fastgøres på en syg måde. Der skal bores hul i alle boldene og der skal ståltråd igennem og de skal så bindes fast. Det var ikke gjort ved alle sammen. Det tog en hel dag at lave rigtigt. Det var først søndag den blev sikkerheds godkendt. Den skulle den også tiltes. Der bliver fyldt benzin på, og så bliver den tiltet 65 grader. Bilen må ikke vælte, og det gjorde den ikke, men det viste sig at tanken var utæt. Vi havde brugt en pakning som ikke kunne tåle benzin. Så vi skulle finde en som kunne tåle benzin - og det var pi... svært og tog lang tid. Det fik vi ordnet og den blev godkendt i tilt-testen. Så skulle vi over til støjtest af motoren. Det gik fremragende. Den måtte ikke overskride 110 db og vi lå på 109,4 db, det er sku engineering! Hehe selvom det var

tilfældigt.

Så skulle vi til bremsetest mandag. Det var noget værre noget. Motoren ville ikke som vi ville. Det brugte vi så hele dagen på at lave. Der var to ting galt: For det første var tændingen sat 30 grader forkert. For det andet var tændrørene lidt skidt. Vi havde endda købt Hondas originale til 250 kr. stk., men de virkede ikke. Så vi købte de billige standard tændrør til 30 kr. stk. og så starter den hver gang! Vi fik bilen i gang og fik kørt og bremset. Det gik fint; bilens bremses er frygteligt overdimensionerede så det skulle den også gerne. Vi vidste godt vi ikke ville vinde, men vores mål var at klare os godt i design eventet, og der fik vi rigtig god respons. Vi startede jo med -100 point i de statiske events, fordi vi ikke havde afleveret noget som helst. Vi var ved at regne efter, og hvis vi havde afleveret det var vi sluttet i top 5. I stedet sluttede vi i bund 10. De udenlandske universiteters budgetter er også større end vores. Det fandt vi ud af. Delft havde fx en sætternavn, drejebænk og fræser, samt en mand der stod der på fuld tid. Andre var sponsoreret af Volvo, og deres sætternavn, ja det var noget formel 1 stads. Det stod der hen af siden. Der var også et team som havde følt sig presset. De havde bygget deres bil på 1 år og de havde "kun" været 60 mennesker.

Jeg tror vi har gode chancer med G2 bilen. Den er vild. Vi har lært meget af fejlene på G1 og rettet dem til G2.

Interview 3:

Hvad hedder du?

Sigmund Wenningsted.

Hvor gammel er du?

Jeg er 22.

Hvilket semester og linie går du på?

Jeg går på I5.

Hvornår kom du med i racerbilsprojektet?

Jeg kom med her i september(2006). Efter jeg så opslag om der skulle bygges en ny bil.

Hvorfor vælger du at bruge din fritid på racerbilsprojektet?

Fordi jeg synes det lød enormt spændende. Jeg går meget op i motorsport. Jeg ser så mange løb jeg kan komme til: Formel1, DTM, DTC osv. Motorsport, det er en ingeniørarbejde i en lidt mere simpel form. Hensyn som økonomi og miljø er skåret væk, så der er kun performance tilbage. Det er spændende. Det er måske ikke så god praksis, hvis man skal lave noget almindelige mennesker får noget ud af, men man arbejder i dybden med netop performance, og det er spændende.

Hvor meget tid bruger du ca. om ugen på at arbejde med racerbilen?

5-10 timer. Det jeg har beskæftiget mig mest med er SCAD tegninger, og finite element analyse.

Hvordan oplever du det fællesskab I har om arbejdet med racerbilen?

Vi laver ikke noget socialt sammen udover det her med bilen, men der er en god stemning. Jeg vil sammenligne det med gruppearbejdet fra studiet, bare hvor vi ikke laver sociale ting sammen udover racerbilen. Som i selv kender det. Man arbejder lidt og joker lidt du ved - det er en god stemning.

Hvilke oplevelser fortæller du oftest til andre uden for Unicorn®projektet?

Jeg starter med at fortælle hvor meget motoreffekt, der er og hvor meget bilen den vejer. Så kan de fleste mennesker godt regne ud at det er nok noget, der går rimelig hurtigt. Ellers fortæller jeg lidt om, hvad ideen egentlig er med det. Bare det at bygge en racerbil og jo sådan lidt, ja, men så fortæller man lidt om konkurrencerne og hvad vi skal deltage i. At der er nogle regler og det ikke bare er kaos.

Hvem håndterer pengene?

Så vidt jeg ved er det Jeppe, der sidder på pengekasen.

Er det også ham der kontrollerer at I ikke bruger for mange penge?

Det ved jeg ikke rigtig, for jeg har ikke brugt penge endnu. Jeg ved ikke hvordan vores budget er strikket sammen.. Jeg har ikke set et budget endnu.

Er det ham der bestemmer hvad pengene bruges til?

Jeg ved ikke helt om der er én der bestemmer det. Jeg tror det er noget vi må blive enige om indbyrdes. Hvis der skal skæres igennem, formoder jeg det er Jeppe i øjeblikket. Han står pt. For sponsorater.