Skrevet af Rasmus Christensen, Vangeboskolen

Emne : Kørerne aerodynamiske biler

Målgruppe : Håndværk og design forløb for et valgfag

For nogle år siden byggede jeg min egen vindtunnel, og lavede kort efter et forløb med nogle 9.klasses elever som et dagsprojekt, hvor de skulle bygge den mest aerodynamiske bil som muligt. Det var biler, der i de fleste tilfælde bare var i massivt træ, og som bare blevet formet til køretøjer med træhjul inden for nogle bestemte rammer jeg havde sat. Det skrevet jeg også en artikel om dengang.

Men jeg følte efterfølgende der var meget mere at komme efter rent fagligt og udfordringsmæssigt i dette forløb, og har derfor heller ikke lavet dette forløb siden. Derfor tænkte jeg at udvikling af dette forløb, burde ligge i at få bilerne til at kunne køre også, og det så hurtigt som muligt, det samtidig med at de skal være så aerodynamiske som muligt. Det vil kræve nogle kompromisser, og det er dem jeg ønsker at eleverne skal arbejde med og lære af.

Denne nye del af forløbet ville gøre hele forløbet langt mere teknisk og derved kunne faget fysik også indgå i højere grad end tidligere. Jeg lavede derfor et nyt regelsæt som byggede videre på det gamle jeg havde, men hvor i der så blev taget højde for at motorer og teknik også var en del af bilen.

Projektnavn -	**Elevnavne -**	
Område	**Regler**	**Dokumentation**
Antal Hjul	**3 eller 4 hjul**	
Antal motorer	**1 eller 2**	
Antal batteribokse	**1 boks med 3xAA**	
Afstand mellem hjul	**Ingen regler**	
Frihøjde (afstand mellem gulv og undervogn)	**Max 2 cm**	
Vægt af bil	**Ingen regler**	
Bredde på bil	**Max 12 cm**	
Højde på bil	**Max 12 cm**	
Længde på bil	**Mellem 8-24 cm**	
Thorkilds rolle	**Thorkild skal "kører" bilen Han skal sidde inde i bilen. Dvs ingen dele af ham må stikke udenfor bilen**	
Udsyn for Thorkild	**Skal kunne se ud af bilen Minimum 4 cm^2 udsyn Frit valg om det skal være med rude eller hul**	
Brug af materialer til bilen	**Bunden skal være 4-12 mm krydsfiner. Ellers frit valg i sløjdlokalet. Bil skal laves fra bunden af**	

Et af de problemer jeg havde med det første forløb jeg lavede med aerodynamik var, at undgå at eleverne snød med f.eks. at lave et stort hul gennem klodsen som bilen bestod af, hvori luften så kunne passere igennem. Det ville man jo aldrig se i en normal bil.

Jeg vil gerne have af bilerne designmæssigt skal være realistiske som muligt, sådan at man kan forestille sig de kan fungerer som en rigtig bil. Dette problem ville næsten blive løst af sig selv i dette forløb, grundet implementering motorer, teknik og batteripakke. Men der vil så opstå et andet

problem, nemlig højden på bilerne. En bil med en motor og batteriboks kan godt laves 4 cm høj, og det er der jo ingen udfordring i. Så løsningen på dette blev Legomanden Thorkild. Han er Lego Dublo mand som blev opkaldt efter vores kære racekører Thorkild Thyrring, da mindre jo ikke kunne gøre det. Ved at kræve at han skulle kunne være inde i bilen, sådan at ingen dele af ham stak ud fra bilen og han skulle have mindst 4 kvadratcentimeters udsyn, så kunne jeg derved forhindre eleverne i at lave nemme løsninger, men tvang dem derved til at de måtte tænke deres designs grundigt igen, og derudover også den efterfølgende konstruktionen.

Thorkild blev også ret hurtigt i forløbet, en ikke alt for populær mand blandt eleverne, da han kom til at volde nogle af grupperne en del problemer, både i forhold til den plads han havde brug for og det udsyn han skulle have. Hvis man lægger mærke til det, så fjernede et par elever en millimeter af hans hårpragt på rondelsliberen, for at han lige akkurat kunne være i deres køretøj. Så ikke alle køretøjer blev lige behagelige for den kære Thorkild.

Jeg valgte også at lave det hele som en konkurrence, for at få noget ekstra spænding og motivation med i forløbet. Jeg vurderede at der ville blive lavet en 7-8 køretøjer ud fra den viden jeg havde om, hvilke elever der typisk arbejdede sammen. Jeg ønskede at dette forløb skulle foregå som gruppearbejde, for at få en god synergieffekt ud af det, som forhåbentlig ville kunne ses i det færdige produkt. Det er jo op til en selv om man som lærer vil gøre det.

Jeg valgte så at lave et pointsystem, med point til de ti bedste biler i hver af tre kategorier. Det var kategorier som hurtigste bil, mest aerodynamiske og til sidst flotteste bil, som dog kun gav halvt så mange point, da de to førstnævnte områder vejede tungest efter min mening. Specielt nogen af pigerne delte ikke lige helt mit synspunkt hvad det angik. Da jeg vidste der ikke ville blive over 10 biler, så sikrede jeg mig derved at alle biler ville få point i alle tre kategorier de ville blive bedømt på. Det er jo en didaktisk beslutning om man vil gøre som jeg gjorde, eller kun give til f.eks. de tre bedste.

Fordeling af point i konkurrencen

Plads	Hurtigste bil point	Mest aerodynamiske bil	Flotteste bil
1	30	30	15
2	24	24	12
3	20	20	10
4	16	16	8
5	12	12	6
6	10	10	5
7	8	8	4
8	6	6	3
9	4	4	2
10	2	2	1

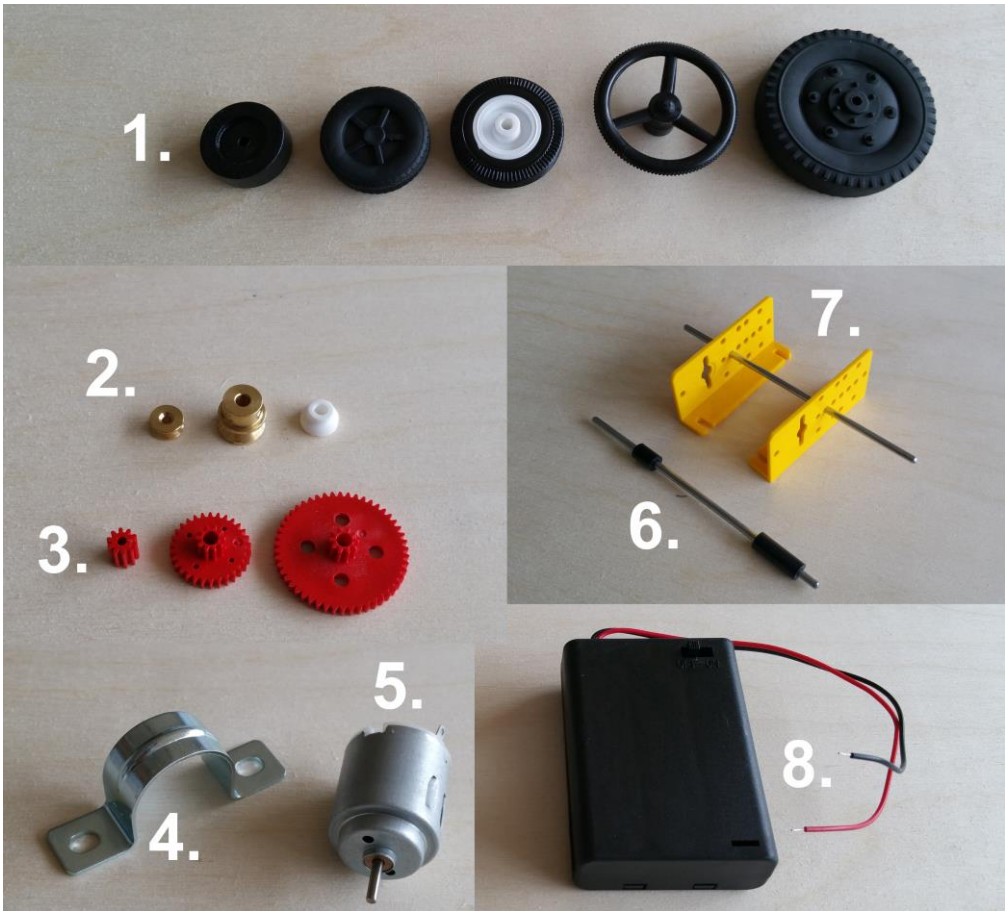
Da nu hele regelsættet og strukturen for forløbet var på plads, så var det bare at bestille de dele jeg skulle bruge. Jeg havde både motorer og batteribokse liggende fra mine fly og motorbådsforløb, og dem var det også planen at skulle bruge i dette forløb, men havde ikke lavet noget før med tandhjul og aksler til disse dele. Man kan argumenterer for, at det nemmeste ville være at tage noget fra en eksisterende legetøjsbil, men den løsning ville så kræve at eleverne tog en gammel legetøjsbil med, og brugte dele fra denne. Det

ville i mine øjne give ulige konkurrencefordele og i min optik ville det ikke give eleverne den tekniske og designmæssige udfordring jeg ønskede.

Jeg ville have at hele forløbet, inklusiv den tekniske dimension skulle bygges op fra bunden af, netop for at få hele designprocessen med. Det skulle samtidig kunne gøres det for billige penge. Jeg ønskede også at få så mange forskellige dele som muligt, sådan at eleverne ikke ville se sig nødsaget til at bruge den samme løsning alle sammen, men ville have rig mulighed for at variere deres løsninger.

Så derfor brugte jeg lidt tid på at finde den bedste løsning på dette, og det blev endnu hos Opitec.de for mit vedkommende, hvor jeg fandt de forskellige dele jeg kunne bruge. Det er der hvor jeg tidligere har købt motorer samt propeller/skruer til mine fly og motorbåde forløb. Jeg indkøbte derfor følgende, og alt dette er så det som skal kunne udgøre den kørerne del af bilen

1. Fem typer af plast og gummi hjul i forskellig størrelse, så som eleverne kunne vælge frit imellem
2. Messinghjul til hvis man ville lave elastik træk på bilen, samt små hvide stopper, som kan bruges til at låse en aksel
3. Tre typer tandhjul, et lille som passer til en motor, og to store passer til akslerne og som igen består af to mindre tandhjul
4. En metalbøjler som kan bruges til at sætte den fast med.
5. En standardmotor som alle skal bruge enten en eller to af
6. En standard aksel på 12 cm, som så kan forkortes. De kan også købes i kortere længder. To typer af sorte plastrør, som fungere som holdere til akslen, altså en form for ”kuglelejer”
7. Gule holdere, der kan bruges til at lave gearkasser med, eller bare til præcis montering af motor og tandhjul, da huller i det passer til dem.
8. En standard batteriboks med 3xAA batterier, som kan trække en eller to motorer.

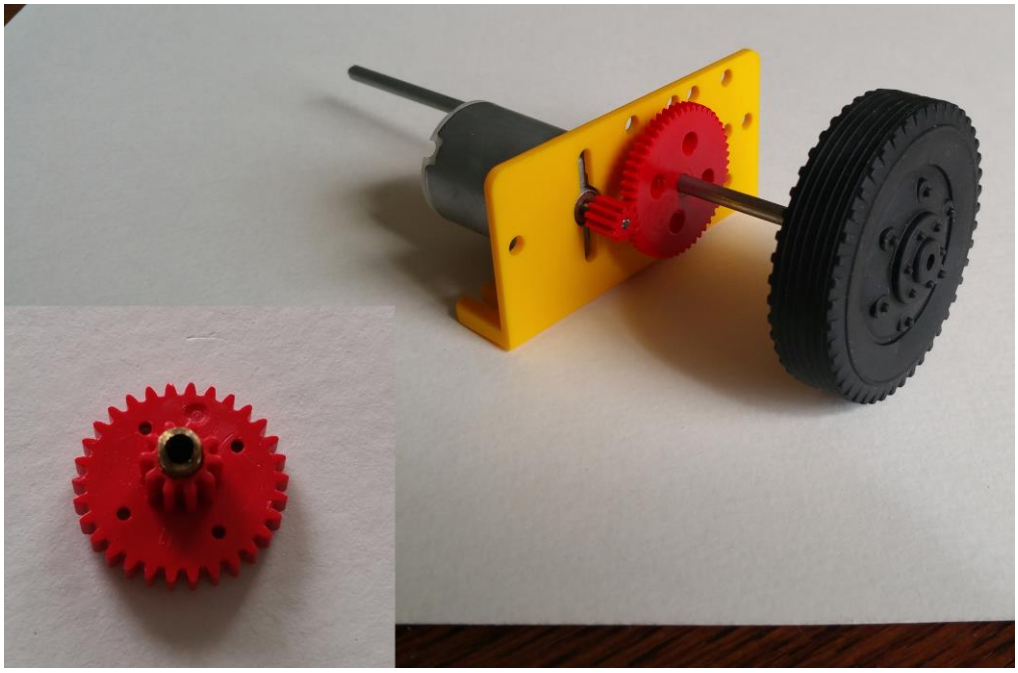


Akslen på motoren er 2mm, mens den til hjulene er 3mm. I langt de fleste tilfælde, så passer pågældende hjul eller tandhjul til den aksel de skal sidde på. Men i nogle få tilfælde, så skulle nogle elever gøre brug af et hjul eller tandhjul som ikke passede til den pågældende aksel. I dette tilfælde havde vi løsning

A) Skulle et hjul/tandhjul med et hul på 2mm diameter bruges på en 3mm aksel, så måtte man bore hullet op fra 2 til 2,9mm. Grunden til hullet skal være 0,1mm mindre end akslen er, at så sidder det fast når man presser det på. Bruger man et 3mm bor, så sidder det løst på akslen.

B) Skulle man bruge et hjul/tandhjul med et hul på 3mm direkte på en motor med 2mm aksel, så havde jeg indkøbt noget messingrør med indvendige diameter på 2mm og udvendig på 3mm. Så saver man bare save et stykke af som passer i længden til dybden af tandhjulet, og klemme fast på motorens aksel eller det sætte ind i et tandhjul og så lime det fast til en aksel. Den løsning er vist på billedet i nedre venstre hjørne, hvor et stykke messingrør stikker op af et tandhjul.

Disse to løsninger A) og B) viste sig at fungere rigtig fint, og samlet set fik eleverne masser af kombinationsmuligheder, og det var det jeg ønskede. Der var de gule holdere til god hjælp, da man så kunne teste hvor hurtigt hjulet kørte i et gældende setup, og derved kunne man forsøge at finde den gearing der passede bedst til de hjul man ville bruge.



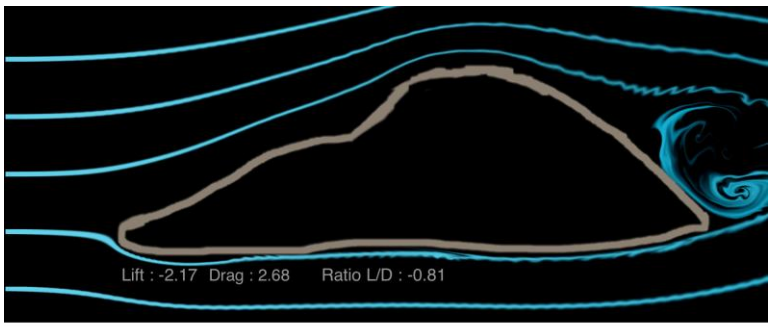
Jeg gav eleverne den anbefaling, at de skulle undgå mere end en overførsel via et tandhjul til et andet. Både på grund af at det bliver for komplekst for dem, men også fordi meget energi går tabt, hver gang et nyt tandhjul kommer på.

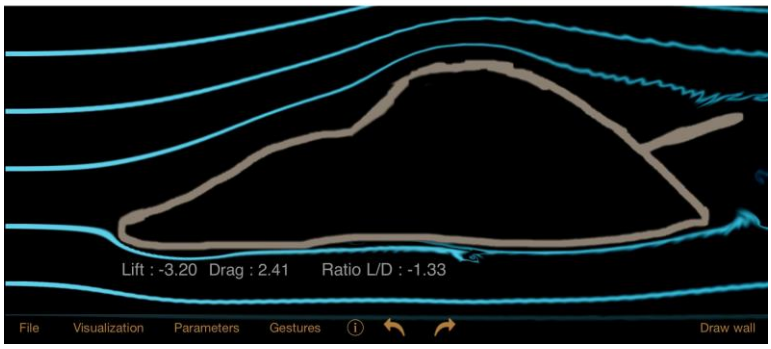
Det vidste sig også at en løsning som den der er vist her var ganske hurtig, så behovet for flere end to tandhjul var der slet ikke. Men det vidste jeg ikke før vi havde prøvet det af, da det hele jo også er nyt for mig. I dette tilfælde har motoren ca. 14000 omdrejninger i minuttet, så kan man faktisk teoretisk regne sig cirka frem til hvor hurtigt denne løsning vil kunne køre. De 14000 omdrejninger skal så bare divideres med den ratio som er mellem de to tandhjul, hvilket er 10 takker på motoerens og 54 på akslens, hvilket giver en (1 : 5,4) ratio. Så skal man bare udregne omkredsen på hjulet ud fra diameteren, og måske indregne en 20-30% tabt i friktionsmodstand og bilens vægt, så har man en nogenlunde ide om hvor hurtigt ens bil vil kører og hvilken løsning der er bedst. Så spiller den faktor også ind, at jo tungere bilen er, jo mere vil det få af betydning, specielt hvis bilen er højt gearet. En lavt gearet bil vil selvfølgelig køre langsommere på toppen, men ikke blive påvirket så meget af bilens vægt. Så

der er mange faktorer som spiller ind her, og i sidste ende er det jo en afvejning af prioriterer som eleverne skal gøre sig.

En anden faktor som kan være svær for eleverne at forholde sig til er hele det aerodynamiske spørgsmål, både fordi det er svært at måle på hvis man ikke lige en vindtunnel man kan teste i, men også fordi aerodynamik tit er ret uforudsigeligt, også for en person som mig der har arbejdet en del med det efterhånden. Men generelt også fordi at eleverne generelt ikke har den store viden på det område. Derfor har vi i opstartsfasen selvfølgelig kikket på dette område, og set eksempler på hvordan man har optimeret designs til at blive mere aerodynamiske. Det er f.eks. sådan noget som, hvorfor en golfbold har den hullede overflade som den har, hvorfor cykler med en aerodynamisk kabinet er så meget hurtigere end en normal cykel, hvorfor hurtige toge er udformet som de er, hvorfor aerodynamiske biler og køretøjer tit har deres hjul indkapslet osv.

Denne del giver eleverne en grundlæggende viden om aerodynamik, men jeg synes jeg manglede hele den praktiske testfase af det, som de f.eks. gearing og motorerne. Den bedste løsning mente jeg derfor var, at stille min iPad til rådighed for eleverne, hvor på jeg har investeret i et iPad program der hedder Wind Tunnel Pro, og i det kan eleverne teste forskellige former ved hjælp af en Stylus Pen til at tegne med, sådan at de kan teste hvilke løsning der er mest hensigtsmæssige for dem. Det blev især brugt til test omkring placering af Thorkild, så man kunne se om man med fordel kunne placere Thorkild et bestemt sted i bilen, sådan at den aerodynamiske påvirkning blev så lille som muligt.





Det som programmer særligt er godt til, er at vise hvor der eventuelt skabes turbolens på ens bil, og hvordan man eventuelt kan modvirke dette. Billedet her viser en af køretøjerne, hvor

problemstilling var, at batteripakken ville komme til at ligge langt ude bagtil på bilen, hvis Thorkild skulle kunne være der også.

Så den gruppe prøvede sig frem, og fandt ud af, at de med en spoiler faktisk ville få en gavnlig effekt aerodynamisk, som kunne både ses visuelt i programmet som vist her, men også på den det Drag som bilen oplever. Derved kunne batteriboksen flyttes længere bagud end først planlagt til drengenes store glæde. At det så sidenhen gav nogle problemer med vægtfordeling i bilen, med hjulspind til følge fordi den var forhjulstrukken, det er en helt anden historie, og bare en del af charmen ved dette forløb.

Med hensyn til hvilke valg som eleverne tog, så viste det sig til min store glæde, at eleverne valgte vidt forskellige designs, både hvad angik udseende, men også på den tekniske side. De endte med syv forskellige biler med vidt forskellige designs og opsætning.

Da eleverne måtte brug enten en eller to motorer, var der derfor både mulighed for forhjulstræk, baghjulstræk og firehjulstræk. Vi havde selvfølgelig inden snakket om hvilke løsninger man i virkeligheden brugte i forskellige sammenhænge. Elevernes valg faldt nogenlunde ligeligt på forhjulstræk og baghjulstræk. De havde godt indset, at firehjulstræk ville give for meget friktionsmodstand og tab af energi, og at denne løsning kunne ville give ide at bruge sammen med de tre-egede hårde plastikhjul (nummer to fra højre på billedet med hjulene) da de vil lave meget hjulspin pga. manglende vejgreb. Ingen elever havde i øvrigt den mindste smule interesse for udfordringen med disse hjul, de valgte i stedet for de sikre og kendte løsninger.

De fleste, altså fire grupper valgte det midterste hjul med blød gummi på hvide plastfælge, og hos de tre andre faldt valget på største hjul. Bunden af bilen skulle jo som skrevet i reglerne være i 4-12mm krydsfiner, og også her valgte eleverne forskellige tykkelser. Grunden til reglen om en krydsfinersbund, skyldes at der skal kunne skrues en lille holder på nede under bilen med to skruer, som så kan holde bilen, sådan at den kan monteres på måleren inden i vindtunnelen, når den skal testes. Krydsfiner er bedste materiale i lokalet til netop dette.

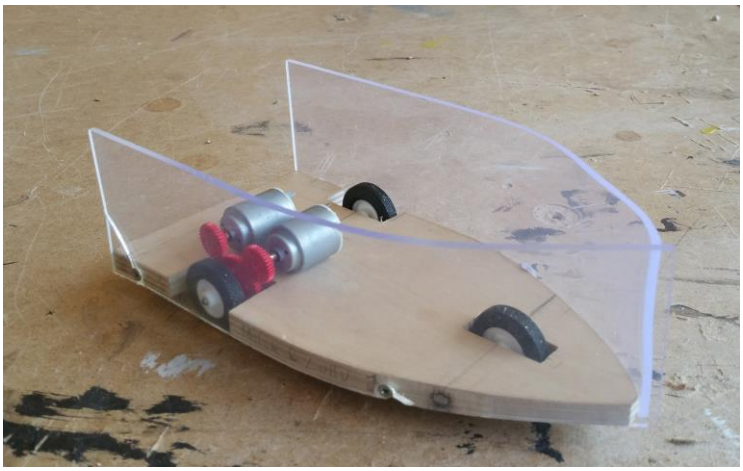
Med hensyn til det tekniske, så havde grupperne også vidt forskellige designs. En gruppe valgte at lave deres bil devisen med, at jo mere simpelt det er, jo mindre kan der gå galt.

De valgte at bruge det hjul med den blødeste gummi for det bedste vejgreb når bilen nu var forhjulstrukket.

De mindste af hjulene er også ret bløde, men de har dog for lille diameter i forhold til motoren. I denne bil var disse dæk så monteret direkte på motoren via brug af to stykker små messingrør, og så var vurderingen, at med så små dæk som muligt, så ville man kunne kompensere for den "høje direkte gearing" der nu ville være. Det var en simpel løsning hvor ikke ret meget kunne gå galt, og det frigav masser af plads til Thorkild i kabinen ved siden af batteriboksen. Der kom så efterfølgende en forrude på, og en lem i toppen holdt fast med tape, hvor Thorkild kunne komme ned igennem. Bilen kørte fint, dog ikke så hurtigt, da det viste sig at selv med det mindst mulige hjul, så kunne motorerne ikke udnytte deres fulde kraft. Men tankene bag bilen var faktisk rigtige gode og velovervejet. Desværre valgte holdet bag da bilen den var færdig, at male den inden jeg fik taget et billede af den, og det slap de mildest talt ikke så godt fra det, så derfor nøjes vi med dette ene billede af den. Men det var den første bil til at kører, men som sagt, bare ikke særlig hurtigt.

En anden drengegruppe valgte at lave en bil efter princippet småt, jo mindre jo bedre. De valgte at lave en baghjulstrukken bil med kun en motor formet efter en kano. Det var så meningen at Thorkild skulle have siddet i fronten, men det viste sig hurtigt at blive et problem for dem, pga hans størrelse. De var nok den gruppe som havde det mest anstrengte forhold til den kære Lego mand, og de endte med at måtte flytte ham tilbage i bilen og op på batteriboksen for at han kunne være der, hvilket gav en højere bil en de havde planlagt. Igen stod Thorkild i skudlinjen. Denne gruppe brugte i øvrigt lang til på at teste forskellige løsninger med gearing, og valgte kun en motor, da de vurderede deres bil ville blive så let, at de ikke ville få gavn af en ekstra motor og det øgede pladskrav og vægt det så ville medfører.

En pigegruppe valgte en trehjulet løsning, men baghjulstræk. De valgte i stedet for en løsning med to motorer og en højere gearing end den foregående drengegruppe. De fik bygget videre på den efter billedet her, men desværre nåede en del af mine 9.klasses elever ikke at blive færdig pga. de mistede en del timer i forhold til resten af valgfagsholdet.



En anden spændende løsning var denne bil, der havde den samme gearing som den kanoformede bil, men som så havde to motorer og derved et højere moment, men også større hjul. Selve bilen er faktisk ret aerodynamisk udformet, men de store fritliggende hjul kom til at koste dyrt i den aerodynamiske test.

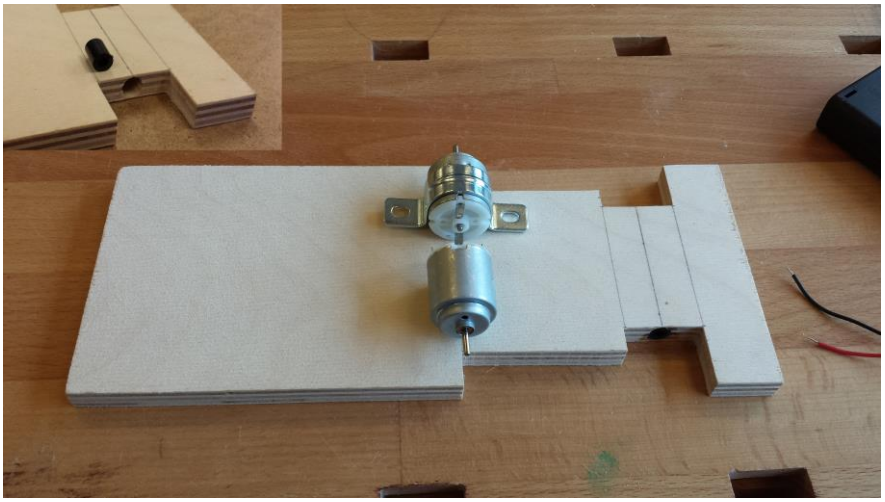
En gruppe bestående af to piger, hvoraf den ene næsten stod for det hele, valgte at lave hele karroseriet først, og tog udgangspunkt i en vanddråbe. Sjovt nok lavede pigerne generelt trehjulede biler, mens drengene holdt sig til firehjulede. Om dette er et tilfælde, ved jeg ikke.

Men de byggede deres bil op i flere lag udhulet krydsfiner, som så efterfølgende blev møjsomt slebet udvendigt på rondelsliberen og med groft sandpapir, og indvendigt med en Dremel som vist på billedet. Her kan man også se en af de kasse vi har med forskellige ting, som eleverne kunne tage dele fra til dette projekt. Vi har sammenlagt fire kasser til hele dette forløb, og det kan klart anbefales, da alle delene fylder ret meget og det så også er mere overskueligt for eleverne, end at have det liggende i de poser det hele kommer i fra Opitec.de.

Denne pigegruppes dråbeforms design valgte mere eller mindre et trehjulet køretøj for dem, eftersom der ikke var plads til fire hjul. I det hele taget måtte de bruge rigtig lang tid på at tilpasse deres design til de tekniske dele, og da drengene med den kanoformede bil havde samme hjul og gearing, men en lettere bil, så var denne bil nød til at have to motorer, for ikke på forhånd at have tabt fartdysten til dem. Så grupperne gik også og lurepassede lidt på hinandens designs, og det var bare en del af underholdningen.

Resultatet for denne pigegruppe blev det flotteste køretøj og måske også hurtigste af dem alle. Det med måling af fart og de problem det gav, kommer vi til senere.

De to motorer sidder på hver deres tandhjul og er limet fast. Generelt limede alle eleverne deres motorer og andet fast, og det holdt ganske fint. Baghjulet er så monteret oppe i bagenden, og batteriboksen blev placeret skråt oppe langs haleryggen, hvor der blev fræset plads til den. Det var meningen at Thorkild skulle have haft et fladt vindue, men da denne bil var så kompakt, så måtte jeg hjælpe med at lave et kubelvindue til ham. Vi udskar to stykker MDF i samme form som glasset, og lavede så et hul i midten af dem begge. Så lagde vi plexiglasset imellem MDF pladerne, låste det fast med skruetvinger. Så varmede vi det op til ca. 105-110°, og så tog jeg et stykke tykt læder på min finger, og pressede hårdt ned i plexiglasset så det blev udvidet, lidt ligesom med drivning af kobber. Bruger man andet end læder, så sætter det bare mærker efterfølgende mærker i plexiglasset, derfor læder. Da det så havde den form vi ønskede, så kølede vi det ned under koldt vand, mens jeg holdt formen med fingeren, og så beholdt den formen efterfølgende. Derved vil vi løst det problem med at Thorkilds hovedet stak et par millimeter ud.

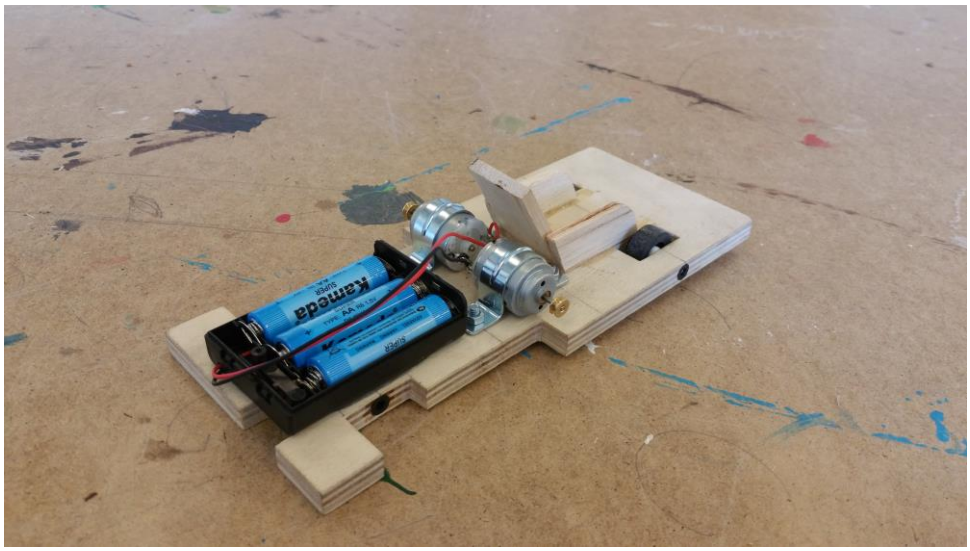


Da jeg altid ynder at have et undervisningseksempel, og eleverne synes det kunne være sjovt hvis jeg også lavede en bil, så valgte jeg at lave en, men ud fra de ting som endnu ikke var blevet brugt af eleverne. Så mit køretøj fik de mindste hjul, blev elastiktrukken og motorerne skulle så sidde fast med bøjler. Da elastiktrækket er forholdsvis højtgearet, så var valgte af de mindste hjul heldigvis helt

perfekt. Samtidig kan den bil så også fungerer som eksempel på hvordan man kan gøre tingene. Jeg valgte at bruge en bund i 9mm krydsfiner, og så lave hele bilen med indvendige hjul og så lav frihøjde så muligt. Hjul er virkelige noget af det som skaber vindmodstand, så kan man få dem væk fra vinden, så giver det en hel del aerodynamisk. For at kunne gøre bilen så lav som mulig bagtil, så kommer motorer til at ligge midt i bilen, og samtidig så vil batteriboksen fungerer som vægt på baghjulene, hvilket modvirker eventuel hjulspind. Der var faktisk et problem for halvdelen af bilerne.

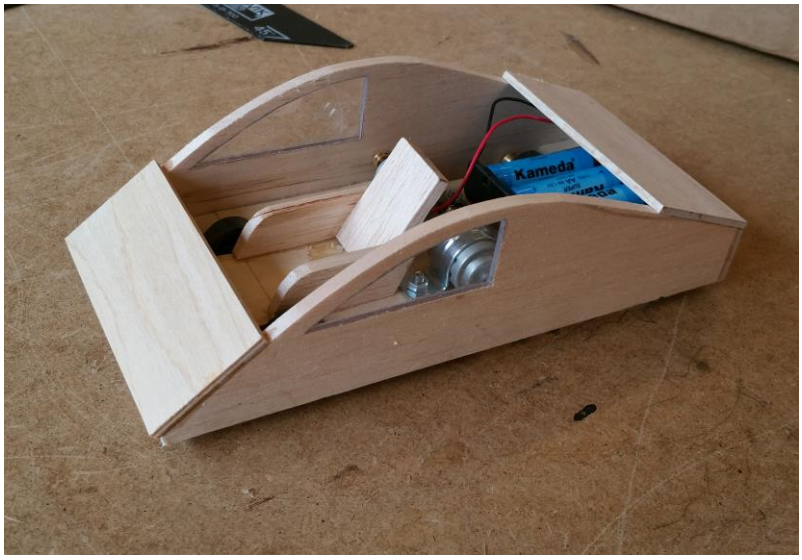
I stedet for at lime de sorte rør til akslerne fast på overfladen, så kan man også sætte det inde i træet ved at bore et 4 mm hul hele vejen igennem, og så et 6mm hul til plastrøret 10mm ned i, sådan at røret kan ligge inde i træet. Det er vist på billedet oppe i venstre hjørne som viser undervognen på bilen.

Jeg har så valgt at bygge siderne op af balsatræ som er ret let, men heller ikke særligt stærkt. Eleverne foretrak 4mm krydsfiner, som er en del stærkere, men også tungere. Men fordi jeg har så stærk en undervogn, så kan man sagtens bruge balsatræ til det. Samtidig vil fronten blive i ren krydsfiner, sådan at det kan modstå at bilen køre ind i noget, og så hængsler til vinduet har noget solidt at sidde i. Jeg har så brugt en anden Legomand som målefigur. Fordelen ved at bruge ham er, at hvis han kan være der med sin kasket på, så kan Thorkild med sikkerhed være der uden en kasket. Jeg har også valgt at lave en stol til ham, også i balsatræ. Det var ikke alle eleverne som gjorde det. Det blev af nogle elever set som unødvendig vægt, så han måtte nøjes med en gulvplads. I øvrigt er det ikke altid at balsatræ og trælim fungerer helt så godt sammen, og i de tilfælde må man enten lade eleverne bruge en limpistol, eller lige det for dem med noget kraftigere lim de ikke må bruge.



Jeg har så limet batteriboksen fast, sådan at den indgår som en del af den bærende konstruktion, da jeg jo har boret en del materiale væk hvor bagakslen går igennem. Problemet batteriboksen er dog, at

man helst skal kunne tænde på kontakten, når bilen skal køre. Så hvis man vender den nedad, og laver et hul, så kan den nemt tændes når den skal prøvekøres. Metalbøjlerne til motorerne fungerer i øvrigt rigtig godt. De skal bare have en maskinskrue nedefra og en bolt i toppen. Så kan man nemt tage motor ud eller justere på dens placering.



Fronten her er så i krydsfiner, men alle andre steder har jeg brugt balsatræ. Jeg har også lavet et sidevindue. Ikke så meget for udseendets skyld eller funktionens skyld, da det bare giver mere vægt til bilen, men fordi man så bedre kan se detaljerne i bilen, da det jo er et undervisningseksemplar.

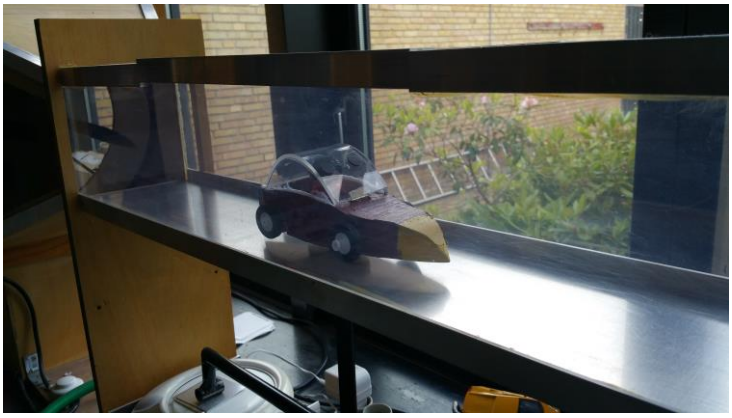
Plexiglasset bliver så varmebøjet, og husk at der er nogle forholdsregler man skal have styr på der. Gør det et sted hvor der er udsug, og varm det kun lige op til det punkt når det bøjer. Hvis man varmer det op over 120°, så begynder det at boble, og ved 160° begynder det at udvikle nogle ikke alt for heldige dampe. Så gør ligesom jeg gjorde her, nemlig at bøje det i små etaper af gangen. Nogle af mine elever har bare limet glasset på og det fungerer også ok. Jeg har gjort det, at jeg har fundet nogle små søm med et stort hoved på. Så har jeg boret nogle fire huller plexiglasset som passer til sømmene, hvorefter disse søm er blevet sat igennem, klippet af og bøjet ind. Det er en ganske god og stærk løsning. Når bilerne kom i vindtunnelsen, så kunne man enten give hængslet lidt lim, så det blev mere trægt, sådan at glasset ikke løfter sig pga. den opdrift det eventuelt skaber. Den løsning fungerede fint på dråbebilen, men på min, måtte den bageste del ruden lige tapes fast bagenden med noget 10mm gennemsigtigt tape. Ellers løftede ruden sig 1,5 cm i vindtunnelen pga. opdriften i rudens form.

Elastikken som driver baghjulene er det sidste som blev monteret i bilen. De

skal hverken være for løse eller for stramme. Man er tit nød til at prøve sig lidt frem. Det bedste er hvis man kan skaffe nogle elastikker som er helt runde i deres diameter, f.eks. sådan nogle man bruge til Lego Technic, og ikke som i dette tilfælde, en der er firkantformet og fundet i en køkkenskuffe. Men det var den eneste som passede i længden desværre. Fordelen med elastiktræk frem for tandhjul er, at motor og aksel kan være længere fra hinanden, hvilket kan være en designfordel, det larmer mindre samt der er mindre energi der går til spilde, men igen kun hvis man finde den rigtige elastik til formet. Med hensyn til gearing er der heller ikke så mange muligheder. Denne bil viste sig at være stort set lige så hurtig som dråbebilen.

Jeg skal være ærlig at indrømme, at jeg kun brugte lidt over to timer på at lave den, så kunne godt have været meget grundig med finish og specielt formningen af plexiglasset men sådan er det.

Alle bilerne der kom i vindtunnelen og skulle testes på hastighed, skulle have Thorkild med i, som det blev vist her. Men forløbet endte ikke helt som planlagt. Planen var ellers, at hele forløbet skulle være afsluttet med, at samtlige biler skulle testes i vindtunnellen, samt køre i distance på 6 meter på tid i gymnastiksalen, for til sidst at blive bedømt på design af en leder på skolen.



Men grundet jeg var sygemeldt i en måned samme forår og en del timer faldt ud pga. andre arrangementer, så endte vi med at ikke at have tid nok til at færdiggøre dette forløb helt som planlagt.

Vi endte med at måtte bruge en time næst sidste skoledag, mens de andre ryddede op i klasselokalerne, på at få testet de fire biler i vindtunnelen som vi havde til rådighed, hvoraf min var den ene, samt også nå at køre med nogle af dem i gymnastiksalen. De øvrige fire biler vi havde, var enten ikke blevet færdige eller var blevet taget med hjem.

Det var selvfølgelig rigtig ærgerlig, at vi ikke fik hele forløbet afsluttet på den måde det var tiltænkt, men vi fik da testet nogle biler, og fik en form for afgørelse på den aerodynamiske dyst, da det var de bedste deler der var med på det område. Der kom da også nogle overraskende resultater ud af det.

Jeg måtte til et par elevernes meget store tilfredsstillelse, se min bil blive overgået i aerodynamik af den kanoformede bil, som drengene døbte Eagle Car 2.0.

Køretøj	Aerodynamik (Jo mindre desto bedre)
	84g
	91g
	142g
	158g

Jeg havde en formodning om, at bilen med de store fritliggende hjul nok ville ende sidst, og det gjorde den også, men hvordan det ville fordele sig mellem de tre andre havde jeg ikke nogen ide om. Det er det som er så spændende ved aerodynamik, nemlig at det ikke altid helt forudsigeligt.

Men havde vi haft tid nok, så havde hele den aerodynamiske del også fungeret helt som den skulle. Til gengæld viste det sig, at vi havde lidt problemer når bilerne skulle køre. Ikke fordi de ikke kørte, for det gjorde de stort set alle sammen, men det faktum at de køre ret hurtigt og frem for alt, skævt. Selvom eleverne havde forsøgt at få hjulene så lige som muligt, så bare den grad eller to de aksler afveg fra hinanden, var nok til at de kørte i buer, skred ud og lavede hjulspin.

Jeg havde vurderet, at det med en distance på 6 meter på tid, ville være muligt at lave en brugbar måling på bilerne, og skulle de køre lidt skævt, så måtte de bare starte skævt. Som videoerne af testkørslerne viser, her tilføjet QR koder, så var bilerne pænt uforudsigelige i deres kørsel, og det var ikke kun de to som er testet her. Kun min kørte nogenlunde lige og jeg havde ellers været ret præcis hvad det angik, mens tre andre vi også har testet tidligere inkl. Den med hjul direkte på motorerne og den mindst aerodynamiske bil fra testen, de kørte også skævt.

Så hvordan vi tester hastighed, er lige en ting som skal revurderes til næste gang jeg laver dette forløb. For skal de køre i en form for 5-6 meter lang skinne, eller skal kikke på f.eks. censorer tilsluttet en datalogger og så bare måle på 1-2 meter, hvilket igen er en ulempe for de biler som er lidt højtgearet. Det er noget jeg skal have løst til næste gang. Alt andet i dette forløb er gået som jeg havde planlagt, men hastighedskonkurrencen skal omtænkes til næste gang. En ting er dog helt sikkert, og det er, at der bliver en næsten gang, og mange gange efter det. Eleverne var rigtig glade for forløbet, og der er så meget god læring at hente i et dette projekt som dette. Samtidig er det også noget af det sjoveste og mest lærerige jeg selv har lavet med et valgfagshold. Hermed nogle erfaringer givet videre, og I er velkommen til at kontakte mig på Rasmusrc@gmail.com hvis I også gerne vil prøve det her forløb af og har brug for hjælp og vejledning.