

Nordic



AKTIVITET

8-10. trinn

# Modellraketter for ungdomstrinn



NAROM | ANDØYA SPACE CENTER

Lærerveiledning og elevaktivitet

Tid	Læreplanmål	Nødvendige materialer
2-4 timer	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Bygge en modellrakett ved å følge en bruksanvisning.</li> <li>• Forstå viktigheten av rutiner og sikkerhetsregler ved foretak forbundet med faremomenter.</li> <li>• Bruke egne målinger og tabellverdier til å gjøre baneberegninger på modellraketten.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Modellrakett</li> <li>• Kalkulator</li> <li>• Skrivesaker</li> <li>• Linjal</li> <li>• Vekt</li> </ul>

## Sammendrag

Elevene skal i denne øvelsen bygge modellrakter for så å ta i bruk størrelser og variabler relatert til modellraketten for å gjøre baneberegninger



## Innhold

1. Lærerveiledning.....	2
Sikkerhet ved oppskytning .....	4
2. Kraft, vekt og størrelse på raketten .....	5
3. Baneberegninger .....	6
Tabell A.....	9

## 1. Lærerveiledning

Modellrakettene er ferdige byggesett som inneholder egne instruksjoner. Bruk verktøy som sandpapir, skalpell eller saks, trelim og teip for å sette sammen raketten.

<http://esero.no/wp-content/uploads/2016/01/ESERO-Bygging-av-modellrakett.pdf>

Raketter og rakettmotorer kan for eksempel kjøpes her

<https://www.elefun.no/p/prod.aspx?v=18211>

<https://www.elefun.no/p/kat.aspx?k=892>



### Preflight Presentation:

Før oppskyting kan gruppene presentere raketten de har bygget for de andre:

- Presenter raketten med navn, type og oppdrag.
- Presenter de viktigste baneberegningene dere gjort, herunder  $v_{Max}$  og  $H_{Max}$ . Dere skal også angi stabilitetsmarginen til raketten.

NB! De nye verdiene skal være basert på målinger av raketts startmasse etter byggeslutt!

### Launch Schedule:

Det hender at det blir litt kaldt å sende opp raketten ute, så det er derfor i alles interesse at forberedelsene går mest mulig knirkefritt!

- Vi må derfor sørge for kontinuitet ved at neste gruppe står klar med sin rakett i det gruppen foran har sendt opp sin.
- Hver gruppe bør på forhånd velge ut en "Pad Supervisor" til å trykke den røde knappen under nedtelling.
- Gruppene er ansvarlige for å berge raketten og bringe dem tilbake etter oppskyting.

Oppskytingsrekkefølge (der dette er aktuelt):

1. Gruppe A – Avion (Presisjon)
2. Gruppe B – Avion (Presisjon)
3. Gruppe A – Avion/Payloader One (Høyde)
4. Gruppe B – Avion/Payloader One (Høyde)
5. Gruppe A – Egg Courier
6. Gruppe B – Egg Courier

**Oppskytingstips til alle gruppene:**

Når det er kaldt ute er det ekstra stor risiko for at fallskjermen ikke folder seg ordentlig ut (fryser/klumper seg lett sammen). Dersom dere unngår å pakke fallskjermen i forveien, og i stedet holder den varm frem til launch, så vil sjansen for en vellykket deployment være adskillig høyere!

## Sikkerhet ved oppskytning

Ved oppskytning av modellraketter er det viktig at lærer viser skjønn og tar vare på sikkerheten til elevene og området rundt. Finn helst et sted et stykke fra bebyggelse, eller et større område med god sikt. Vi anbefaler at lærer monterer motorer og startlunte på raketten. Det er 18-års aldersgrense på kjøp av motorer.

Anbefalte sikkerhetsrutiner:

- Plasser oppskytningsområdet et godt stykke fra biler og bygninger med folk i.
- **Minimum** diameter på oppskytningsområde må være 150m.
- Ikke skyt når det er mye vind. (~10 m/s).
- Vinkling av rampa:
  - Ikke mer enn 30 grader vinkel fra vertikalt på rampa.
  - Sikt unna bygninger og biler.
- Verneutstyr:
  - Vernebriller for Operatører
  - Vernebriller og hansker for oppskytningsansvarlig.
- Sikkerhetsavstand:
  - Operatør 5 meter unna
  - Tilskuere 10 meter unna
  - Ingen står bak eller foran raketten i vindretninga.
- Opplys alle om faremomenter og sikkerhetsavstand. Alle som ikke greier å følge anvisninger fra oppskytningsansvarlig bortvises fra området.
- Fest ledningene til tenneren og kontroller at det er kontakt.
- Sjekk området for farer (Droner\fly\vind) før nedtelling starter.
- Hold inne avfyringsknappen ett par sekund
  - Hvis den ikke fyres, fjern sikkerhetsnøkkelen og vent 60 sekunder før du går bort til motorene for å sjekke tenneren
  - Bytt tenneren hvis den har brent, men ikke fyrt av motoren.
- Under flukt skal raketten observeres og følges frem til fallskjermen har kommet ut og den ser ut til å lande på trygt område.
- Ta en vurdering for hvert enkelt skudd.
- Fjern sikkerhetsnøkkelen fra avfyringspanelet slik at strømmen er utkoblet.
- Når alle raketten er skutt kan de hentes, så fremt det ikke er noen fareområder.

## 2. Kraft, vekt og størrelse på raketten

**Raketten min er en** (les typen på posen med byggesettet): \_\_\_\_\_

**a)** Finn rakettsens motortype fra tabell A side 6

**Svar:**

**b)** Finn motorens gjennomsnittlige skyvekraft ( $F$ ) fra tabell A

**Svar:**

**c)** Finn motorens masse ( $m_m$ ) fra tabell A

**Svar:**

**d)** Bestem rakettsens totale masse ( $m_t$ ), inkludert motor

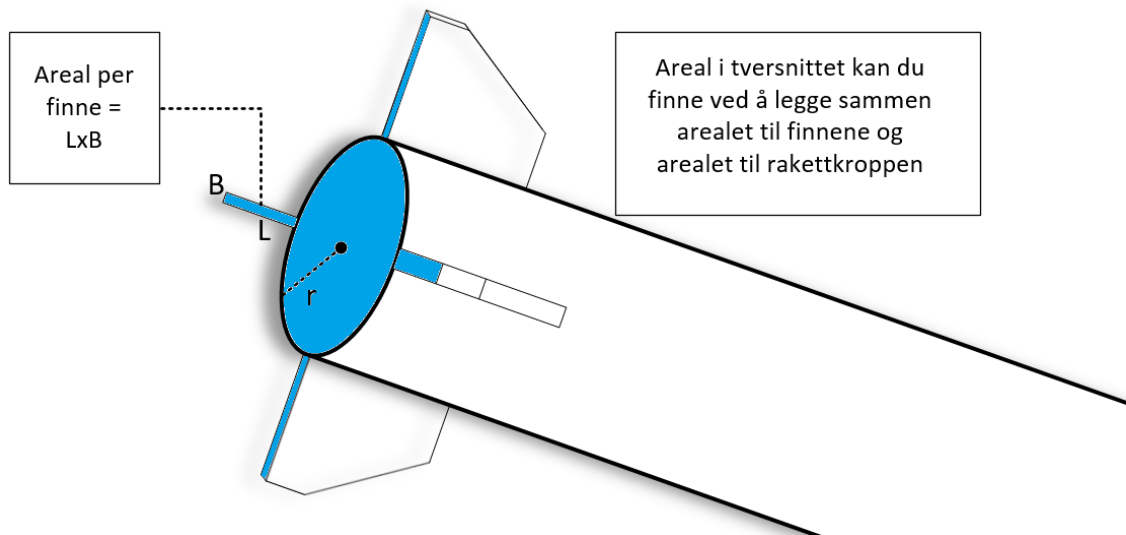
**Svar:**

**e)** Bestem rakettsens tversnittareal ( $A$ ) (se figur 1). Husk at raketten har 3 finner (og ikke 4 som på tegningen herunder). Bruk cm slik at svaret er gitt i  $\text{cm}^2$

**Svar:**



$$\text{Areal Sirkel} = \pi r^2$$



Figur 1: Hvordan beregne tversnittareal

**f)** Finn brenntiden ( $t_b$ ) til motoren fra tabell A

**Svar:**

### 3. Baneberegninger

a) Når raketten står på avfyrringsrampen og rakettmotoren tennes vil raketten akselereres oppover. Denne akselerasjonen ( $a_m$ ) kan man finne ved å bruke Newtons 2. Lov:

$$F = m_t \cdot a_m \quad (1)$$

$$a_m = F/m_t \quad (2)$$

Bruk formel (2), skyvekraften ( $F$ ) og massen ( $m_t$ ) til å regne ut akselerasjonen til raketten

**Svar:**

b) I virkeligheten er akselerasjonen til raketten litt mindre enn det dere fant i oppgave a). Det er på grunn av at tyngdekraften og flere andre krefter som bremses raketten litt opp mens motoren brenner. Verdien  $g = 10 \frac{m}{s^2}$  angir hvor mye raketten blir bremses opp av tyngdekraften:

Finn den nye akselerasjonen ( $a$ ) ved å bruke formel (3):

$$a = a_m - g \quad (3)$$

**Svar:**

c) Når man vet akselerasjonen  $a$  til raketten kan man regne ut hastigheten  $v$  raketten har, når motoren har brent ferdig:

$$v = a \cdot t_b \quad (4)$$

$t_b$  er «brenntiden» som er den tid, det tar før motoren slutter å brenne.

Bruk formel (4) ovenfor til å regne ut hastigheten til raketten når motoren slutter å brenne

**Svar:**

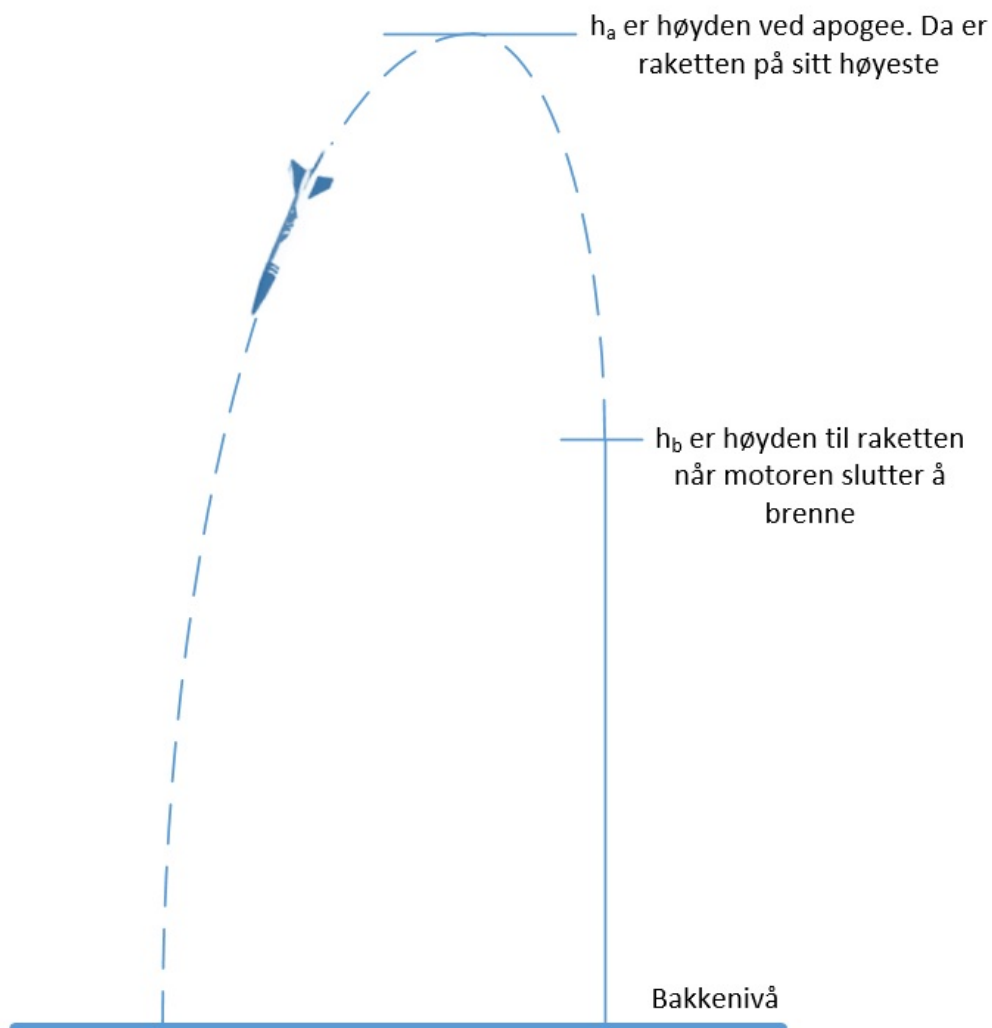
d) For å finne høyden raketten er på når motoren slutter å brenne setter man inn hastigheten ( $v$ ) fra forrige oppgave og brenntiden ( $t_b$ ) inn i formel (5):

$$h_b = \frac{v \cdot t_b}{2} \quad (5)$$

Regn ut høyden ( $h_b$ ) til raketten når motoren slutter å brenne

**Svar:**

e) Selv om motoren slutter å brenne faller ikke raketten ned med en gang. Raketten fortsetter oppover til den snur å faller ned mot bakken igjen fordi tyngdekraften drar i raketten. Den maksimale høyden kaller vi for apogee ( $h_a$ ).



Figur 2: Høyde ved brennslutt og apogee

For å finne høyden til raketten ved apogee ( $h_a$ ) må vi vite hvor sterkt jordas gravitasjon ( $g$ ) bremser raketten. Denne verdien er egentlig  $g = 9,81 \text{ m/s}^2$ , men for å forenkle bruker vi her  $g = 10 \text{ m/s}^2$ . Man kan da finne høyden ved å bruke formel (6):

$$h_a = \frac{v^2}{2 \cdot g} + h_b \quad (6)$$

Finn høyden ved apogee\* for raketten din

**Svar:**

\*I virkeligheten vil ikke raketten gå så høyt som dere har beregnet her. Grunnen til det er at vi har sett bort ifra luftmotstanden i beregningene.



**f)** Det er viktig å kjenne til hvordan luftmotstanden påvirker raketten. I denne oppgaven skal vi bruke tverrsnittarealet ( $A$ ) som dere fant i oppgave 1 e). Luftmotstanden påvirkes av hvor stort tverrsnittarealet er og hvor stor hastigheten til raketten er. Formel for luftmotstanden er  $L = \frac{1}{2} \rho v^2 c_d A$  (hvor  $\rho$  er lufttettheten og  $c_d$  er luftmotstandskoeffisienten, et mål på hvor aerodynamisk raketten er), men en forenklet versjon av denne, formel (7), viser hvordan man kan beregne luftmotstanden ( $L$ ):

$$L = \frac{A \cdot v^2}{40000} \quad (7)$$

Regn ut og fyll inn luftmotstanden ved hastighetene vist i tabellen.

Regn nå ut luftmotstanden når rakettmotoren er sluttet å brenne og fyll denne inn i tabell 2 under. Hint: bruk  $v$  fra oppgave 2. c)

<b>x</b>	Hastighet $v$ (i m/s)	0	10	25	50	75	100	125
<b>y</b>	Luftmotstand $L$							

**g)** Sett inn verdiene i plot 1 på neste side. Hastigheten skal være på x-aksen og luftmotstanden skal være på y-aksen. Tegn en kurve gjennom punktene.

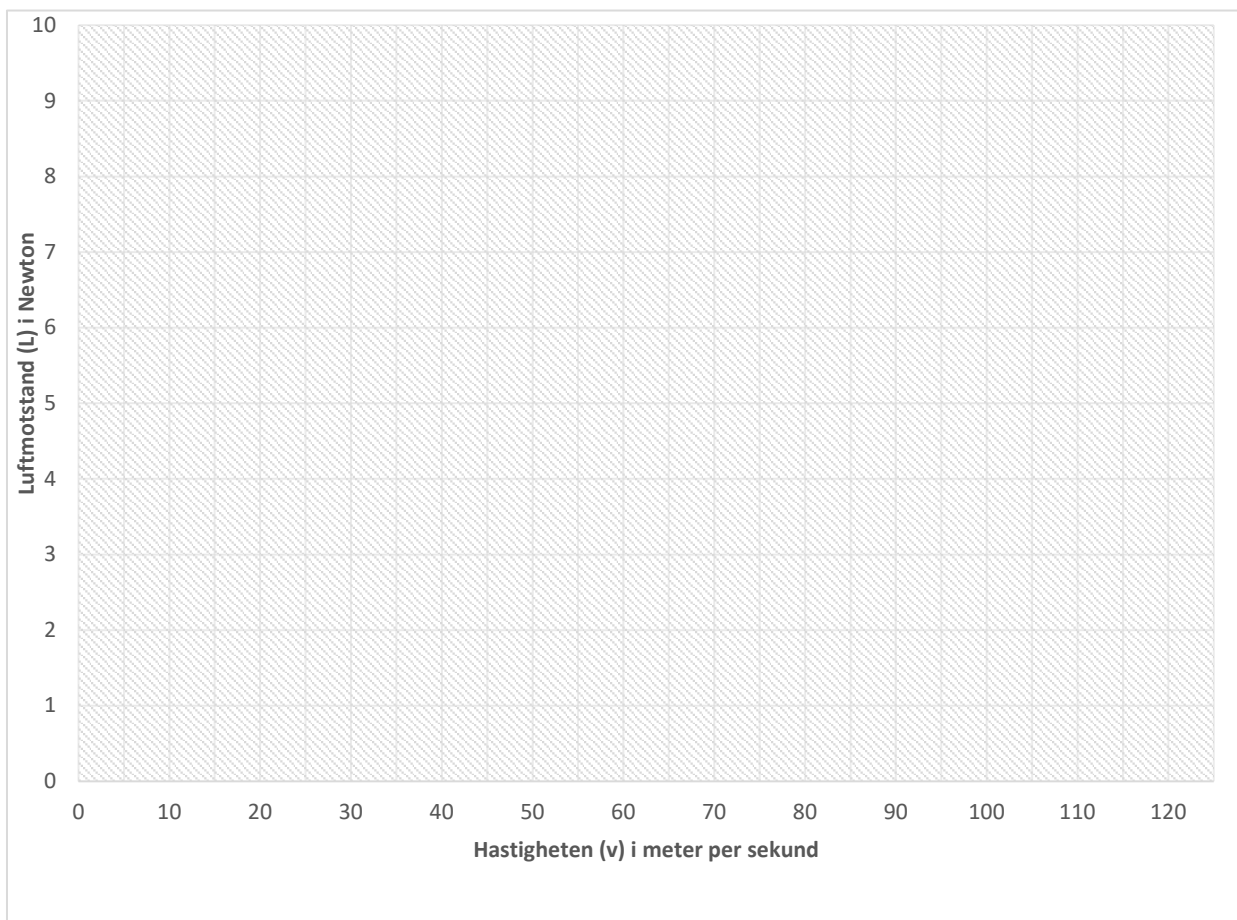
**h)** Sett et kryss i det punktet som tilsvarer luftmotstanden når rakettmotoren slutter å brenne. Hint: Bruk dit svar fra oppgave f) til å finne punktets koordinater.

**i)** Finn tyngdekraften på raketten din ( $F = m \cdot g$ ) og sammenlign med størrelsen av luftmotstanden. Hvilken er størst? Hvor mange ganger større?

**j)** Se på grafen din. Hvor mange ganger større blir luftmotstanden, hvis hastigheten blir dobbelt så stor? Og hvis hastigheten blir tre ganger større?

**k)** Skriv dine viktigste resultater inn her:

Min rakett-type:	
Maksimal hastighet (Hastigheten når motoren slutter å brenne):	
Høyden når motoren slutter å brenne:	
Så høyt kommer raketten min opp ifølge mine beregninger (Høyden ved apogee):	
Den største luftmotstand (ved den høyeste hastighet):	



Plot 1: Luftmotstand som endrer seg med hastigheten

## Tabell A

Rakett	Motortype	Gjennomsnittlig skyvekraft (F)	Motor masse ( $m_m$ )	Brenntid ( $t_b$ )
Avion A	A6-4	4,17 N	0,016 kg	0,6 s
Avion B	B4-4	4,54 N	0,021 kg	1,1 s
Payloader One B	B4-4	4,54 N	0,021 kg	1,1 s
Payloader One C	C6-3	6,25 N	0,025 kg	1,6 s

<b>Egg courier</b>	D9-5	9,52 N	0,028 kg	2,1 s
--------------------	------	--------	----------	-------

Tabell 1: Informasjon om rakettmotorer

## Kilder

Aktiviteten er utviklet av NAROM for Nordic ESERO