



NORGES
LUFTSPORTFORBUND

Treningsprogram – teoripensum for sportsfly

Fag 5 POF Flygeteori

Versjon 1.1 – 01.01.2022

Godkjent av Luftfartstilsynet 31.12.2021

Innhold

3.0 Pensum og læringsmål	3
3.1 Kunnskapsnivåer	3
3.2 Pensumoversikt og læringsmål.....	3
3.2.5 Flygeteori	4

3.0 Pensum og læringsmål

3.1 Kunnskapsnivåer

[Sikkerhetssystemet (4.5)]

Teorikursets pensum framkommer av kapittel 3.2. I undervisningen vil flyskolen legge til grunn følgende kunnskaps- og kjennskapsnivåer knyttet til de ulike læringsmålene. Kunnskapsnivåene gir uttrykk for hvor inngående eleven skal beherske aktuelt lærings-stoff etter at kurset er fullført.

Kjennskap 1 (beskrive, orientere og gjengi)

Eleven skal kunne:

- a) Vise forståelse for fakta, prinsipper og prosesser
- b) Beskrive et fenomen, en prosess eller en tilstand
- c) Følge anvisninger og bestemmelser
- d) Gjengi fakta og prinsipper på en strukturert måte

Kunnskap 2 (tolke, redegjøre, angi, anvende og evaluere)

Eleven skal kunne:

- a) Anvende og sette sammen kunnskapselementer til en ny struktur
- b) Videreformidle, tolke og anvende kunnskap med andre ord eller symboler
- c) Oppklare og forklare fenomener og prosesser
- d) Bedømme og evaluere fakta og prinsipper ut fra gitte situasjoner
- e) Anvende kunnskaper med sikkerhet, nøyaktighet og god vurdering med hensyn til omstendighetene

3.2 Pensumoversikt og læringsmål

Pensum som elevene forventes å beherske framkommer under fagene som er listet opp nedenfor, og ligger til grunn for kurset. Til hvert tema innenfor de ulike fagene knytter det seg ett eller flere læringsmål, og målene er gruppert i kategoriene «kjennskap (1)» og «kunnskap (2)».

Grupperingen er basert på NLFs faglige vurdering av hva som skal til for å fly trygt og bestå teorieksamen. Kunnskaps- og kjennskapsnivåene i tabellen refererer til inndelingen som framkommer i kapittel 3.1.

3.2.5 Flygeteori

5 Flygeteori 1/8			
Tema og læringsmål		1	2
Subsonisk aerodynamikk			
Grunnleggende prinsipper, lover og definisjoner			
Ha kjennskap til		1	
<ul style="list-style-type: none"> • Newtons tre lover, samt de størrelser og enheter som gjelder i luftfart • Begrepet treghet 			
Redegjør for begrepene			2
<ul style="list-style-type: none"> • Lufttrykk, tetthet og temperatur, samt betydning i løftsammenheng • Statisk trykk, dynamisk trykk og totaltrykk, pitotrøret • Bernoullis løftformel og venturi • IAS og TAS 			
Kunne konvertere mellom enheter		1	
Luftstrømning – grunnleggende aerodynamikk			
Ha kjennskap til begrepet strømlinje		1	
Redegjør for forskjellen mellom to-dimensjonal- og tre-dimensjonal strømning			2
To-dimensjonal luftstrømning			
Ha kjennskap til hvordan strømlinjene ligger og ser ut rundt et vingeprofil og en flat plate		1	
Ha kjennskap til begrepet stagnasjonspunktet		1	
Ha kjennskap til trykkfordelingen rundt et profil		1	
Ha kjennskap til begrepet trykksenter		1	
Redegjør for hvordan plasseringen av trykksenteret endres med varierende angrepsvinkel			2
Redegjør for hva som skjer med strømmingen rundt profilet når angrepsvinkelen øker			2
Aerodynamiske krefter og koeffisienter			
Ha kjennskap til aerodynamisk resultantkraft, løftekraft og motstand		1	
Redegjør for kurven som viser løftekraftens endring med angrepsvinkelen			2
Redegjør for begrepet angrepsvinkel (AoA)			2
Vingeprofil			
Redegjør for de begreper som er knyttet til et vingeprofil:			2
<ul style="list-style-type: none"> • Korde • Midtlinje • Kordelengde • Krumning • Overside og underside • Forkant og bakkant • Krumning • Angrepsvinkel • Tykkelse 			

5 Flyeteorier fortsetter 2/8			
Tema og læringsmål		1 2	
Tredimensjonal luftstrømning			
Redegjør for de begreper som er knyttet til en vinge: <ul style="list-style-type: none"> • Sideforhold («aspect ratio») • Rot- og tippkorde • Planform • Gjennomsnittskorde • Avsmalnende vinger («tapered wings») • Ulike vingeformer (rektangulær, elliptisk, pilformet, trapesformet osv.), samt fordeler og ulemper med den enkelte vingeformen 		2	
Redegjør for trykkfordelingen rundt vingen			2
Ha kjennskap til begrepet løftsenter	1		
Strømlinjer			
Redegjør om strømlinjeformene i den tredimensjonale luftstrømmen rundt flyets vinge, kropp og haleparti			2
Redegjør hvorfor det oppstår vingetippvirvler, angrepsvinkelens innvirkning og hvordan luftstrømmen beveger seg om og bak vingen («upwash og downwash»)			2
Redegjør for hvordan vingetippvirvlene kan påvirke annen lufttrafikk, og hvordan virvlene beveger seg			2
Koeffisienter			
Redegjør for løftformelen og forstå hvordan tetthet, fart, angrepsvinkel og vingens areal virker inn			2
Redegjør for løftkoeffisienten (C_L) og hvordan denne varierer med angrepsvinkelen			2
Redegjør for motstandsformelen, og forstå hvordan tetthet, fart, angrepsvinkel, sideforhold og vingens areal virker inn			2
Tolke kurven for totalmotstand			2
Redegjør for motstandskoeffisienten (C_D) og hvordan denne varierer med angrepsvinkelen			2
Typer motstand			
Redegjør for indusert motstand og hvordan den oppstår, inkludert: <ul style="list-style-type: none"> • Effekt av vingetippvirvler • Innvirkning på løftvektorens retning • Angrepsvinkelens innvirkning • Indusert lokal angrepsvinkel 			2
Ha kjennskap til fartens innvirkning på indusert motstand	1		
Redegjør for parasittmotstand og dens inndeling i: <ul style="list-style-type: none"> • Formmotstand • Interferensmotstand • Friksjonsmotstand 			2
Ha kjennskap til hvilken innvirkning objektets form (eksempelvis skive, sylinder, halv sylinder og dråpeform) har på motstanden i en luftstrøm	1		
Ha kjennskap til fartens innvirkning på parasittmotstand	1		

5 Flygeteori fortsetter 3/8			
Tema og læringsmål		1	2
Redegjør for totalmotstanden			2
Bakkeeffekt			
Redegjør for hvorfor det oppstår en bakkeeffekt, og hvilken innvirkning denne har på flyet under avgang og landing			2
Steiling			
Ha kjennskap til følgende begreper <ul style="list-style-type: none"> • Grensesjikt • Laminært grensesjikt, effekt av ujevnheter • Turbulent grensesjikt, effekt når strømmen river seg løs • Overgangspunkt • Seperasjonspunkt 	1		
Redegjør for hvorfor luftstrømmen blir turbulent, og hvordan separasjonspunktet varierer med angrepsvinkelen			2
Ha kjennskap til hvordan luftstrømmen separasjon påvirker trykkfordelingen, løftsenteret, C_L og C_D , samt flyets nesestilling	1		
Redegjør for det engelske begrepet «buffeting» og hvordan man konstruerer et fly slik at det skal kunne kontrolleres under en steiling			2
Redegjør for hvordan flyets rorkontroller skal brukes under en steiling			2
Steilefart			
Ha kjennskap til hva vi mener med steilefart (1g steilefart)	1		
Redegjør ved hjelp av løftformelen for hvordan steilefarten er avhengig av aktuell løftekraft fra vingen			2
Redegjør for hvordan steilefarten påvirkes av: <ul style="list-style-type: none"> • Lastfaktor, definisjon, krefter og hvordan denne endres i en sving • Tyngdepunktets plassering • Effektuttak • Høyde • Vingebelastning • Svinger 			2
Begynnende steiling			
Redegjør for: <ul style="list-style-type: none"> • Vingeformens innvirkning • Effekten av balanserorene under en steiling • Viktigheten av at vingeroten steiler først • Hvilken innvirkning den enkelte vingeform har på steilingen 			2
Ha kjennskap til de konstruksjonsmetoder som sørger for at vingen steiler innenfra og ut (geometrisk og aerodynamisk vridning av vingen, stallstrips osv.)	1		
Steilevarsel			
Redegjør for viktigheten av et steilevarsel			2
Ha kjennskap til hvordan steilevarslet («flapper switch») fungerer og når det skal varsle	1		
Ha kjennskap om andre kjennetegn på en forestående steiling («buffet»)	1		

5 Flyeteorier fortsetter 4/8			
	Tema og læringsmål		1 2
	Redegjør for hvilke prosedyrer brukes for å komme ut av en steiling under: <ul style="list-style-type: none"> • Avgang og stigning • Marsjflyging • Nedstigning • I svinger • Ved stigende og synkende svinger 		2
	Spesielle fenomen i forbindelse med steiling – utvikling av spinn		
	Redegjør for steiling med motorpådrag og steiling i stigende og synkende svinger		2
	Redegjør for steileegenskapene til et fly med T-hale		2
	Redegjør for hvilken effekt rimfrost, snø eller is på vingefremkanten og på vingens flater har på en steiling, inkludert mulig effekt på steilevarslet		2
	Redegjør hva som normalt skjer når en vinge dropper i en steiling, og skisser metode for hvordan dette skal rettes opp		2
	Redegjør for: <ul style="list-style-type: none"> • Spinn og faktorer som leder til et spinn • Kjennetegn på et forestående spinn • Korrekt utgangsteknikk av et spinn 		2
	Muligheter for å endre C_L max		
	Ha kjennskap til flapsens formål og funksjon	1	
	Redegjør for: <ul style="list-style-type: none"> • Flapsens innvirkning på løftkurven og løftsenteret • Ulike typer bakkant-flaps og hvilken innvirkning disse har på løft og motstand • Flyets nesestilling ved bruk av flaps • Flaps-asymmetri 		2
	Ha kjennskap til slat og slottens formål og funksjon	1	
	Redegjør for: <ul style="list-style-type: none"> • Slat og slottens og deres innvirkning på løftkurven og løftsenteret 		2
	Grenselaget («boundary layer»)		
	Redegjør for laminære- og turbulente grenselag		2
	Faktorer som virker negativt inn på flyet aerodynamikk		
	Redegjør for hvilke følger regn, rimis, snø og is på vingens forkant kan ha med hensyn til: <ul style="list-style-type: none"> • Steilefarten V_s, V_{s0} • Vingens separasjonspunkt • Sjansen for at halen steiler ut ved bruk av flaps • Steileegenskapene 		2

5 Flygeteori fortsetter 5/8				
	Tema og læringsmål		1	2
	<ul style="list-style-type: none"> Luftmotstand Vekt Mulighet til å kontrollere flyet Fri bevegelse av flyets ror Innvirkning på forkant- og bakkant-flaps under avgang, landing og under flyging med lav hastighet 			2
Stabilitet				
	Begreper og definisjoner			
	Redegjør for følgende begreper: <ul style="list-style-type: none"> Statisk og dynamisk stabilitet Positiv, negativ, nøytral stabilitet Lengdeakse, tverrakse og normalakse (vertikal) Lengdestabilitet, retningsstabilitet, tverrstabilitet 			2
	Redegjør for tyngdepunktets plassering og armens lengde			2
	Ha kjennskap til begrepet PIO – Pilot Induced Oscillations		1	
	Statisk stabilitet			
	Ha kjennskap til forutsetningene for statisk stabilitet		1	
	Redegjør for hvordan vi oppnår statisk stabilitet			2
	Dynamisk stabilitet			
	Redegjør for hvordan vi oppnår dynamisk stabilitet			2
	Metoder for å oppnå balanse			
	Redegjør for hvordan konstruksjonen av vinger og flykropp (hale og eventuelt canard), kontrollflater og bruk av ballast bidrar til å oppnå balanse			2
	Redegjør for bruk av ballast eller trimming (se også tyngdepunktet)			2
	Kraftbalanse			
	Redegjør for uttrykket kraftbalanse, og hva som skjer om den brytes			2
	Redegjør for de fire kreftene løft, trekk-kraft, vekt og motstand			2
	Redegjør for likevekt: <ul style="list-style-type: none"> Løft og vekt Trekk-kraft og motstand 			2
	Redegjør for likevekt under: <ul style="list-style-type: none"> Stigning Marsjflyging Glidning Flyging med høy angrepsvinkel 			2
	Statisk og dynamisk lengdestabilitet			
	Redegjør for samspillet mellom de krefter som bidrar til flyets lengdestabilitet			2
	Ha kjennskap til begrepet fartsstabilitet og dens kobling til diagrammet for trekk-kraft og motstand		1	
	Ha kjennskap til begrepene positiv og negativ stabilitetsmargin		1	

5 Flygeteori fortsetter 6/8		
Tema og læringsmål		1 2
Statisk og dynamisk tverr stabilitet		
Redegjør for samspillet mellom de krefter som bidrar til flyets tvettstabilitet		2
Statisk og dynamisk retningsstabilitet		
Redegjør for samspillet mellom de krefter som bidrar til flyets retningsstabilitet		2
Redegjør for begrepet spiralin stabilitet og hvordan vi tar oss ut av en styrtspiral		2
Tyngdepunkt		
Redegjør for hvordan tyngdepunktets plassering påvirker statisk og dynamisk stabilitet, samt hvordan dette kan påvirkes		2
Redegjør for effekten av et tyngdepunkt som ligger langt bak og grunnen til at vi setter en bakre grense (lett å manøvrere, lav motstand høy marsjfart osv.)		2
Redegjør for effekten av et tyngdepunkt som ligger langt framme og grunnen til at vi setter en fremre grense (tung å manøvrere, høy mostand osv.)		2
Kontroll		
Begreper		
Repetere følgende begreper: <ul style="list-style-type: none"> Lengdeakse, tverrakse og normalakse (vertikal) Lengdestabilitet, retningsstabilitet, tverrstabilitet 	1	
Generelt		
Redegjør for aerodynamisk virkning, samt rorenes primære- og sekundæreffekt		2
Redegjør for effekt av endring av angrepsvinkelen		2
Kontroll om tverraksen (lengdestabilitet)		
Redegjør for høyderorets primær- og sekundæreffekt		2
Ha kjennskap til hvordan luften fra vingen (nedsveip) påvirker haleflaten	1	
Repetere betydningen av tyngdepunktets plassering		2
Redegjør for betydningen av en endring i angrepsvinkel		2
Kontroll om normalaksen (retningsstabilitet)		
Redegjør for siderorets primær- og sekundæreffekt		2
Kontroll om lengdeaksen (tverrstabilitet)		
Redegjør for balanserorets primær- og sekundæreffekt		2
Redegjør for fenomenet balanserorbrem, og metoder for å minske dette (eksempelvis friseror og differensialkobling)		2
Metoder for å minske de krefter som må til for å bevege rorene		
Ha kjennskap til aerodynamisk og massebalansering av ror, inkludert metoder som: <ul style="list-style-type: none"> Balansetab og anti-balanse tab Horn Servotab 	1	
Redegjør for trimming av ror		2

5 Flygeteori fortsetter 7/8				
	Tema og læringsmål		1	2
	Redegjør for faktorer som påvirker flyets trim, eksempelvis gasspådrag, og forbrenning av drivstoff			2
	Redegjør for hvordan et trimror fungerer og opereres			2
Begrensninger				
	Flutter			
	Redegjør for begrepet flutter i vinger og ror, samt begrepet aeroelastisitet			2
	Hastigheter			
	Redegjør for hastighetene V_{FE} , V_{NO} og V_{NE} samt markering på fartsmåler			2
	Begrensning i manøvrering			
	Redegjør for begrepet lastfaktor og hvordan denne påvirkes av flyets manøvrering			2
	Beskriv et typisk manøvreringsdiagram (lastfaktor) med følgende opplysninger: <ul style="list-style-type: none"> • Lastfaktor • V_A • Akselerert steilefart • Maksimum verdier for begrensende lastfaktor (sertifiseringskategori) 			2
	Redegjør for manøvreringsfarten (V_A) og hvordan den varierer med flyets masse			2
	Redegjør for hvordan flyets masse påvirker lastfaktoren			2
	Ha kjennskap til diagrammet for lastfaktor og vindkast (gust load envelope/diagram) og de faktorer som bidrar til belastning på grunn av vindkast		1	
Propeller				
	Motorens kraft og trekk-kraft (thrust)			
	Redegjør for begrepet stigning (pitch) og dets samspill mellom angrepsvinkelen, flyets fart og motorens turtall			2
	Ha kjennskap til hvorfor propellbladet vrir (blade twist) og variasjon av profilen		1	
	Is på propellen			
	Redegjør for hva som kan skje dersom det legger seg is på en propell: <ul style="list-style-type: none"> • Vibrasjoner • Ødeleggelse av propellens balansering • Minskning av trekk-kraft • Is som løsner fra propellen 			2
	Motorsvikt og motorkutt			
	Ha kjennskap til motstanden fra en stillestående og en roterende propell (windmilling) etter motorkutt		1	

5 Flyeteorier fortsetter 8/8				
	Tema og læringsmål		1	2
	Momenter som skapes av at en propell roterer (sekundære effekter)			
	Redegjør for vrilmomentets (torque) innvirkning			2
	Redegjør for slippstrømmens (asymmetric slip stream) effekt			2
	Redegjør for P-effekten (asymmetric blade) effekt			2
Krefter i forskjellige flygefaser (flight mechanics)				
	Marsjflyging			
	Redegjør for samspillet mellom løft, vekt, trekk-kraft og motstand			2
	Redegjør for forholdet mellom trekk-kraft og motstand og gi en forklaring på flyets maksimale hastighet			2
	Redegjør for forholdet mellom effekt og kraft, samt avhengighet av farten			2
	Redegjør for fart for beste flytid og beste rekkevidde for et propellfly			2
	Stigning			
	Redegjør for samspillet mellom løft, vekt, trekk-kraft og motstand			2
	Redegjør for forholdet mellom trekk-kraft og motstand og fart for beste stigevinkel			2
	Redegjør for hvordan trekk-kraft, motstand og vekt i innvirker på stigevinkelen			2
	Redegjør for hvorfor vi bruker flaps, og hvordan disse virker inn på stigevinkelen			2
	Redegjør for hastighetene V_x og V_y og hvordan disse er avhengig av vekten			2
	Ha kjennskap til hvordan en inversjon, spesielt i sammenheng med vindskjær påvirker stigningen		1	
	Nedstigning og glidning			
	Redegjør for samspillet mellom løft, vekt, trekk-kraft og motstand ved nedstigning med motor, og under glidning			2
	Redegjør for hvordan trekk-kraft, motstand og vekt innvirker på beste glidetall			2
	Redegjør for hvordan trekk-kraft, motstand og vekt i innvirker på glidevinkelen			2
	Redegjør for hvordan bruk av flaps virker inn på glidevinkelen			2
	Svinger			
	Redegjør for samspillet mellom løft, vekt, trekk-kraft og motstand ved en sving.			2
	Regne ut lastfaktor på grunnlag av krenningsvinkelen			2
	Beskriv hva vi mener med en koordinert sving, og hvordan vi bruker kule- og svingviseren			2
	Redegjør for hvordan svingradiusen påvirkes av hastigheten			2
	Redegjør for begrepet «rate one turn»			2
5	Slutt			

---- slutt på teoripensum for sportsflygere ----