



TRANSPORTSTYRELSEN
Swedish Transport Agency

082

Flygningens grundprinciper, helikopter
(Principles of flight, helicopter)

	PPL/LAPL(H) – 082 – Flygningens grundprinciper	(H)
Syllabus referens	Syllabusdetaljer och associerade målkrav	PPL/LAPL
080 00 00 00	FLYGNINGENS GRUNDPRINCIPER	
082 00 00 00	FLYGNINGENS GRUNDPRINCIPER – HELIKOPTER	
082 01 00 00	UNDERLJUDSAERODYNAMIK	
081 01 01 00	Grundläggande teori, lagar och definitioner	
082 01 01 01	Lagar och definitioner	
	LO Redogör kortfattat för Newtons andra och tredje lag samt de storheter och enheter i SI-systemet som berör flyg.	2
	LO Redogör för Internationella standardatmosfären, ISA.	3
	LO Redogör för begreppet lufttryck, densitet och temperatur samt deras innebörd i lyftkraftssammanhang.	3
	LO Redogör för Bernoullis ekvation, pitotröret samt IAS och TAS.	3
082 01 01 02	Luftströmning	
	LO Redogör för begreppet strömlinje.	2
	LO Redogör för skillnaden mellan två- och tredimensionell strömning.	2
	LO Redogör för begreppen viskositet och gränsskikt.	2
	LO Redogör för begreppen statiskt tryck, dynamisk tryck och totaltryck.	2
	LO Redogör för skillnaden mellan kompressibel och inkompressibel strömning samt hur luftströmmen beter sig i det transsoniska fartregistret.	1
082 01 01 03	Aerodynamiska krafter	
	LO Redogör för följande begrepp: – anfallsvinkel – tryckfördelning – lyftkraft och lyftkraftskoefficient – nollmotstånd och motståndskoefficient.	2
	LO Redogör för aerodynamisk kraft, lyftkraftscentrum och nosmoment.	2
	LO Redogör för förhållandet mellan anfallsvinkel och lyftkraftskoefficient.	2
	LO Redogör för förhållandet mellan anfallsvinkel och motståndskoefficient.	2
082 01 01 04	Rotorprofil	
	LO Redogör för begrepp relaterade till en rotorprofil såsom profilkorda, profiltjocklek, spännvidd, sidoförhållande, välvning, välvninglinje, symmetriska och asymmetriska rotorprofiler.	3
082 01 02 00	Tvådimensionell luftströmning	
082 01 02 01	Strömlinjer	
	LO Redogör för strömlinjernas utseende runt en rotorprofil och en platt skiva.	2
082 01 02 02	Stagnationspunkt	
	LO Redogör för begreppet stagnationspunkt.	2
082 01 02 03	Tryckfördelning	
	LO Redogör för tryckfördelningen runt rotor/rotorblad.	3

	PPL/LAPL(H) – 082 – Flygningens grundprinciper	(H)
Syllabus referens	Syllabusdetaljer och associerade målkrav	PPL/LAPL
082 01 02 04	Tryckcentrum	
LO	Redogör för begreppet tryckcentrum.	3
082 01 02 05	Anfallsvinkelns påverkan på tryckcentrum	
LO	Redogör för förändringen av tryckcentrum vid varierande anfallsvinkel.	3
082 01 02 06	Luftströmning vid hög anfallsvinkel	
LO	Redogör för händelseförloppet då anfallsvinkeln ökar till dess att rotorn stallar.	3
082 01 02 07	Kurvan för lyftkraft och anfallsvinkel	
LO	Redogör för kurvan som representerar lyftkraftens variation med anfallsvinkeln.	3
082 01 03 00	Koefficienter	
082 01 03 01	Lyftkraft	
LO	Redogör för lyftkraftsformeln och förstå inverkan av densitet, fart och rotorarea.	3
LO	Beskriv symmetrisk och osymmetrisk profil och hur dessa påverkar lyftkraftsvandring.	1
LO	Redogör för C_L och dess förhållande till anfallsvinkeln.	3
082 01 03 02	Motstånd	
LO	Redogör för formeln för totalmotståndet och förstå betydelsen av kurvans utseende.	3
LO	Redogör för C_D och dess förhållande till anfallsvinkeln.	2
082 01 04 00	Tredimensionell luftströmning	
082 01 04 01	Strömlinjer	
LO	Beskriv luftens strömning runt en rotor.	2
LO	Beskriv olika utformningar av rotorer och flygkropp. Beskriv soliditet.	2
LO	Beskriv vad en rotors tordering är och beskriv orsaken till torderingen.	3
082 01 04 02	Inducerat motstånd	
LO	Beskriv vad inducerat motstånd är.	3
LO	Redogör för hur det kan uppstå virvelbildning runt bladtippen.	2
082 01 04 03	Strömning runt flygkroppen	
LO	Redogör för begreppet interferensmotstånd.	2
LO	Beskriv hur luftkrafterna påverkar flygkroppen och hur dessa varierar med farten.	2
LO	Redogör för begreppet formmotstånd.	2
082 01 06 00	Markeffekt	
082 01 06 01	Start och landning	
LO	Redogör för markeffektens uppkomst och dess inverkan på helikoptern vid start och landning.	3

	PPL/LAPL(H) – 082 – Flygningens grundprinciper	(H)
Syllabus referens	Syllabusdetaljer och associerade målkrav	PPL/LAPL
082 01 08 00	Överstegring (stall)	
082 01 08 01	Strömningsavlösning	
LO	Redogör för strömningsavlösningens orsak och hur avlösningspunkten förflyttas vid ökning av anfallsvinkeln.	2
LO	Redogör för hur lyftkraft och motstånd varierar med anfallsvinkeln.	1
LO	Redogör kortfattat för strömningsavlösningens påverkan på tryckcentrum, C_L och C_D .	1
082 01 12 00	Negativ påverkan på aerodynamik	
082 01 12 01	Is och annan beläggning	
LO	Redogör för hur is kan byggas upp i rotorn under isbildningsförhållanden.	3
LO	Redogör för vilka följder is på rotorn kan ha.	3
LO	Redogör för hur frost och snö kan påverka prestanda och säkerhet.	3
082 02 00 00	TRANSSONISK AERODYNAMIK OCH KOMPRESSIBILITET	
082 02 01 00	Strömningshastighet	
082 02 01 01	Ljudhastighet	
LO	Redogör för begreppet strömningshastighet.	1
LO	Visa förståelse för var gränsen mellan under- och överljudsfart går.	1
LO	Visa förståelse för uttryck som underljudsströmning, nära överljudsströmning och överljudsströmning.	1
082 02 01 02	Chockvågor	
LO	Redogör för begreppen kompressibilitet och chockvågor	1
LO	Redogör för när chockvågor kan formas i en rotor.	1
LO	Redogör för vad som händer vid överljudsströmning.	1
LO	Redogör för hur överljud påverkar motstånd och lyftkraft.	2
082 02 01 03	Rotorutformning	
LO	Redogör för hur en rotor kan utformas för att klara högre strömningshastighet.	3
082 03 00 00	ROTORDRIVNA LUFFTARTYG	
082 03 01 00	Rotorluftfartyg	
082 03 01 01	Rotorluftfartyg	
LO	Redogör för olika rotorluftfartyg inklusive autogyro.	2
082 03 02 00	Helikopter	
082 03 02 01	Helikopter med en huvudrotor	
LO	Beskriv den traditionella enrotorhelikoptern.	3
082 03 02 02	Helikopteregenskaper och terminologi.	
LO	Redogör för att en helikopter kan ha kolv eller turboshaftmotor.	1

	PPL/LAPL(H) – 082 – Flygningens grundprinciper	(H)
Syllabus referens	Syllabusdetaljer och associerade målkrav	PPL/LAPL
	LO Återge helikopterterminologi som rotormast, rotorhub, transmission, krosstub, rotordisk, rotordiskyta, landställ (medar och hjul).	1
	LO Redogör för diskbelastning, helikopterns olika axlar och plan, rotorblad, leder och flygkroppens centrumlinje.	3
	LO Använd och sätt samman kunskap om helikopterns massa och tyngdpunktsbegränsningar.	2
082 04 00 00	HUVUDROTORAERODYNAMIK	
082 04 01 00	Hovring OGE (outside ground effect)	
	LO Ha kunskap om hovring utanför markeffekt (OGE).	2
082 04 01 01	Luftströmning	
	LO Redogör för bladhastigheten på de olika bladsektionerna.	3
	LO Beskriv lufttäthetens betydelse för erforderlig kraft vid hovring OGE.	3
	LO Beskriv hur flygkroppen genererar ett motstånd vid hovring OGE.	3
	LO Beskriv jämvikten mellan rotorns lyftkraft och massa och motstånd vid hovring OGE.	3
	LO Beskriv det relativa luftflödet i förhållande till rotorbladet.	3
	LO Redogör för begreppen bladvinkel och anfallsvinkel på en rotorbladsektion vid hovring OGE.	3
	LO Redogör för den lyft- och dragkraft som ett blad genererar samt rotorns dragkraft.	3
	LO Redogör för hur bladvinkeln påverkar luftflödet och behovet av flöjlning.	3
	LO Beskriv luftströmmen i huvudrotorn under hovring OGE.	3
	LO Redogör för lyftkraft och motstånd på de olika bladsektionerna (delarna av rotorbladet) vid hovring OGE.	3
082 04 01 02	Dragkraft i stjärtrotorn	
	LO Redogör för erforderlig dragkraft i stjärtrotorn under hovring OGE och risken för alltför häftig manövrering med pedalerna.	3
	LO Redogör för dragkraften i stjärtrotorn som en funktion av dragkraften i huvudrotorn.	3
	LO Redogör för behovet av att flöjla stjärtrotorn.	3
082 04 01 03	Dragkraft i huvudrotorn	
	LO Redogör för förhållandet mellan disponibel dragkraft och erforderlig dragkraft vid hovring OGE.	2
	LO Redogör för maximal hovringshöjd som en funktion av tryckhöjd och temperatur.	2
082 04 02 00	Vertikal stigning	
082 04 02 01	Luftflöde och anfallsvinkel	
	LO Redogör för stighastighet V_C och rotorbladens anfallsvinkel vid vertikal stigning.	3
	LO Beskriv hur bladvinkel och flöjlning påverkar den vertikala stigningen.	3
082 04 02 02	Effektbehov	

	PPL/LAPL(H) – 082 – Flygningens grundprinciper	(H)
Syllabus referens	Syllabusdetaljer och associerade målkrav	PPL/LAPL
LO	Redogör för den effekt som krävs för: – att få rotorn i rörelse – att generera lyftkraft – att få helikoptern att lyfta.	2
LO	Beskriv skillnaden mellan rotorns effekt och rotorns vridmoment.	3
LO	Redogör för behovet av stjärtrotoreffekt vid vertikal stigning.	3
LO	Redogör för effektbehovet för att kunna stiga vertikalt.	2
LO	Redogör för fart för maximal stighastighet.	2
082 04 03 00	Framåtflygning/Planflykt	
082 04 03 01	Luftströmning och krafter	
LO	Förklara att det inkommande luftflödet antas ha en enhetlig fördelning över rotordisken.	3
LO	Redogör för hur luftströmmen ser ut över olika bladsektioner och att det förekommer ett område med motsatt flödesriktning.	3
LO	Redogör för behovet av att kunna kontrollera ett enskilt rotorblads bladvinkel (cyclic).	3
LO	Redogör för kompressibilitetseffekter på framåtgående blad och hur detta påverkar fartbegränsningar.	3
LO	Redogör för anfallsvinkel, risk för stall på bakåtgående blad och hur detta påverkar fartbegränsningar.	3
LO	Redogör för de dragkraftsförhållanden som uppstår vid framåtflygning och relatera dessa till massa och motstånd.	3
LO	Redogör för fenomenet tillskottslyftkraft.	2
LO	Redogör för fram- och bakåtgående blads lyftkraft i de olika sektionerna av bladen.	2
LO	Redogör för fenans och en eventuell stabilisators betydelse under framåtflygning.	2
082 04 03 02	Flare	
LO	Redogör för hur en “flare” påverkar rotorvarvtalet (om helikoptern inte har en effektiv automatisk varvtalsstyrning).	3
LO	Visa förståelse för hur kraftvektorerna verkar i en “flare”.	1
082 04 03 04	Fartprestanda	
LO	Redogör för hur motståndet i rotorn varierar med farten.	3
LO	Redogör för den effekt som krävs av stjärtrotorn vid framåtflygning.	3
LO	Redogör för den totala effekt som krävs vid framåtflygning och hur den varierar med farten.	3
LO	Beskriv inducerad effekt som en funktion av helikopterns fart.	1
LO	Redogör för hur helikopterns massa och extra utrustning liksom lufttäthet påverkar farten.	2
LO	Redogör för fart för minimum effekt (VMS).	3
LO	Redogör för de motstånd som uppstår vid framåtflygning.	2
082 04 04 00	Hovring och framåtflygning i markeffekt	
082 04 04 01	Luftflöde i markeffekt	
LO	Klargör processen för luftflödet vid markeffekt, samt det minskade behovet av effekt.	2
LO	Redogör för hur det inducerade motståndet minskar vid markeffekt.	3

	PPL/LAPL(H) – 082 – Flygningens grundprinciper	(H)
Syllabus referens	Syllabusdetaljer och associerade målkrav	PPL/LAPL
	LO Redogör för vid vilken höjd markeffekten försvinner.	1
	LO Redogör för varför vissa helikoptrar har rotormasten lutad.	2
082 04 05 00	Vertikal plané	
082 04 05 01	Plané med motorkraft	
	LO Redogör för luftflödet genom rotorn vid låg och måttlig vertikal plané.	2
	LO Redogöra för vortex ring, med hänsyn till omständigheterna, samt när vortex kan förekomma och hur man kan förebygga uppkomst.	3
	LO Redogör för hur man känner igen symptom på vortex och hur man går ur vortex.	3
082 04 05 02	Autorotation	
	LO Redogöra för stigspakens position efter motorbortfall.	3
	LO Redogör för ingång i autorotation vid motorbortfall vid vertikal plané.	3
	LO Redogör för hur man kan kontrollera rotorvarvet med stigspaken.	3
	LO Redogör för hur man dyker upp framåtfart och avslutar autorotationen.	3
	LO Redogör för varför dragkraft i rotorn uppstår vid autorotation.	2
	LO Redogör för luftflödet genom rotorn vid autorotation.	2
	LO Redogör för stjärtrotoreffekt och hur man kontrollerar helikoptern i girplanet vid autorotation.	2
	LO Återge vad som kan påverka sjunkhastighet och glidsträcka under autorotation.	2
	LO Redogör för hur svängar och andra belastningar påverkar fart och rotorvarv under autorotation.	3
	LO Redogör för hur autorotationsdiagrammet ska användas och hur det ska tillämpas.	3
082 05 00 00	HUVUDROTORMEKANIK	
082 05 01 00	Flappning	
082 05 01 01	Konstruktioner	
	LO Redogör för de krafter och belastningar som uppstår, samt hur bladen flappar vid olika rotorkonstruktioner (stel, halvstel och rörlig).	2
	LO Redogör för hur bladen flappar vid hovring.	2
	LO Redogör för hur centrifugalkraften påverkar rotorbladet och dess fastsättning.	2
	LO Redogör för de krafter och belastningar som begränsar rotorhastigheten.	2
	LO Beskriv olika rotorers kompensation för flappning.	1
	LO Redogör för varför flappningen orsakar en hastighetsökning på bladen och därmed krav på svängningsled (corioliseffekten).	2
082 05 01 03	Koning	
	LO Redogör för vad koning är och hur den uppstår samt vad som händer med diskytan.	2
	LO Beskriv påverkan av centrifugalkraft och lyftkraft i samband med koning.	2
082 05 02 00	Flappning vid famåtflygning	

	PPL/LAPL(H) – 082 – Flygningens grundprinciper	(H)
Syllabus referens	Syllabusdetaljer och associerade målkrav	PPL/LAPL
082 05 02 01	Luftkrafter	
LO	Redogör för hur flappningen ökar vid framåtfart och varför.	3
LO	Redogör för följande på en rotor utan cyclic feathering: – de luftkrafter som påverkar framåt- och bakåtgående blad – de periodiska krafter och belastningar samt utmattning som uppstår – behovet av en flapled – hur ett rotorblad rör sig med avseende på flappning och koning – attityden på rotordisken samt framåtriktad dragkraftsvektor.	2
LO	Redogör för gyroskopisk precession och hur denna fungerar.	1
082 05 02 02	Styr- och stigspak	
LO	Redogör för följande när det gäller framåtflygning: – behovet av framåtlutad rotordisk och framåtriktad dragkraftsvektor – flappning och rotorspetsplan (tip path plane) – virtuella rotationsaxeln (virtual rotation axis eller no flapping axis) samt rotationsplanet – rotoraxeln och navplanet (hub plane) – flöjlning och hur det påverkar dragkraftsvektorn – stigspakens funktion och begreppen collective pitch change, swash plate, pitch link och pitch horn – styrspekens funktion och begreppen rotating swash plate, pitch link movement och phase angle.	2
LO	Visa förståelse för hur styrsystemet överförs från styrorgan till roderyta.	1
082 05 03 00	Svängning	
082 05 03 02	Svängning och dämpning	
LO	Redogör för de belastningar i diskplanet som uppstår vid framåtflygning och behovet av en led i rotationsriktningen (drag or lag hinge).	2
LO	Redogör för svängningen i en ledad rotor och hur denna fungerar i ett stelt rotorsystem.	2
LO	Redogör för hur en svängningsdämpare i en fullt ledad rotor fungerar.	2
082 05 03 03	Markresonans	
LO	Förklara hur markresonans uppstår som en funktion av bladsvängning och en förflyttning av tyngdpunkten av rotorn och rotorbladen.	1
LO	Förklara att markresonans kan ge upphov till en oscillerande kraft på flygkroppen.	1
LO	Förklara hur flygkroppen och landstället kan medverka till att skapa resonans.	1
LO	Visa förståelse för markresonans, vilka rotortyper som kan ge upphov till resonans och hur man kan motverka den.	1
082 05 04 00	Krafter och moment på olika rotorsystem	
082 05 04 01	Gungbräderotor	
LO	Redogör för hur en gungbräderotor fungerar och även visa förståelse för dess förtjänster och brister.	2
082 05 04 02	Helt ledad rotor	
LO	Beskriva hur en helt ledad rotor fungerar och även visa förståelse för dess förtjänster och brister.	2

	PPL/LAPL(H) – 082 – Flygningens grundprinciper	(H)
Syllabus referens	Syllabusdetaljer och associerade målkrav	PPL/LAPL
	LO Visa förståelse för olika typer av lager, exempelvis elastomerica.	1
082 05 04 03	Oledad rotor	
	LO Redogör för hur ett oledat rotorsystem fungerar och även visa förståelse för dess förtjänster och brister.	2
082 05 05 00	Faror	
	LO Redogör för faror med flappning vid lågt RPM och svår vind, samt hur flappstopp fungerar.	3
082 05 06 00	Vibrationer	
	LO Redogör för vad som kan ge upphov till vibrationer samt hur man balanserar, trackar och sveper rotorblad.	2
	LO Beskriv hur en pilot kan inducera svängningar (Pilot Induced Oscillations).	1
082 06 00 00	STJÄRTROTOR	
082 06 01 00	Konventionell stjärtrotor	
082 06 01 01	Egenskaper	
	LO Redogör för den tvåbladiga stjärtrotorn och dess upphängning.	2
	LO Redogör för flerbladiga stjärtrotorer.	2
	LO Visa förståelse för lagring och flappstopp i stjärtrotorer.	1
	LO Redogör för faran av att stjärtrotorn oftast sitter oskyddad och i huvudhöjd.	3
082 06 01 02	Aerodynamik	
	LO Redogör för aerodynamiken i stjärtrotorn.	3
	LO Redogör för faran i att överstegra stjärtrotorn samt hur vinden och huvudrotorn kan påverka stjärtrotorns dragkraft.	3
	LO Redogör för hur bortfall av stjärtrotorn inverkar på helikopterns flygförmåga.	3
082 06 02 00	Fenestronstjärtrotor	
	LO Visa förståelse för Fenestronstjärtrotorn och hur den är konstruerad.	1
082 06 03 00	NOTAR-systemet	
	LO Visa förståelse för NOTAR-systemet och hur det är konstruerat.	1
082 06 04 00	Vibrationer	
	LO Redogör för att stjärtrotorn vid obalans ger högfrekventa vibrationer.	2
082 07 00 00	JÄMVIKT, STABILITET OCH KONTROLL	
082 07 01 00	Jämvikt och helikopterattityder	
082 07 01 01	Hovring	
	LO Redogör för de olika axlarna som helikoptern kan röra sig kring under hovring och vilka krafter som påverkar helikoptern vid hovring.	3
	LO Redogör för uttryck som längdstabilitet, girstabilitet och rollstabilitet.	3
082 07 01 02	Framåtflygning	
	LO Beskriv jämviktsförhållanden under framåtflygning.	1
	LO Redogör för hur olika anfallsvinklar och farter påverkar stabilitet och jämvikt.	2

	PPL/LAPL(H) – 082 – Flygningens grundprinciper	(H)
Syllabus referens	Syllabusdetaljer och associerade målkrav	PPL/LAPL
	LO Beskriv statisk och dynamisk stabilitet.	2
	LO Beskriv hur flygkroppens attityd påverkas av farten.	2
082 07 03 00	Kontroll	
082 07 03 02	Stabilitet	
	LO Redogör för hur olika rotorsystem påverkar jämvikt och hur deras styrsystem inverkar på stabiliteten.	2
	LO Redogör för hur Tp-området varierar mellan olika typer av rotorsystem.	2
082 07 03 03	Dynamic roll over och static roll over	
	LO Beskriv begreppen “dynamic roll over” och ”static roll over” och hur man undviker dessa.	1
082 08 00 00	PRESTANDA	
082 08 01 00	Prestanda och begränsningar	
082 08 01 01	Hovring	
	LO Redogör för erforderlig effekt och hur denna påverkar såväl hovring OGE som IGE.	3
	LO Redogör för hur temperatur, täthet, vind och massa påverkar prestandan. Beskriv hur varvtalsförlust påverkar dragkraften.	3
082 08 01 02	Framåtflygning	
	LO Redogör för VNE, bästa stigningsfart och bästa stigningsvinkel.	3
	LO Redogör för förhållanden som kan påverka aktionssträckan och aktionstiden.	2
	LO Beskriva vilka förutsättningar som prestandavärden i flyghandboken bygger på och hur massa, lufttryck, temperatur och densitet påverkar prestandan.	2

	PPL/LAPL(H) – 082 – Flygningens grundprinciper	(H)
Syllabus referens	Syllabusdetaljer och associerade målkrav	PPL/LAPL

082 08 01 03	Lastfaktor	
LO	Redogör för begreppet lastfaktor	2
LO	Redogör för hur lutningsvinkeln påverkar lastfaktorn samt begränsningar i lastfaktorer (max manöverfart).	3
LO	Redogör för vilka lutningsvinklar som ger vilka belastningar (g).	2
LO	Redogör för hur svänghastigheten påverkas av fart och belastning.	2
082 08 01 04	Motorprestanda	
LO	Redogör för maximal effekt på en kolvmotor och hur denna påverkas av densitetshöjden	2
LO	Redogör för maximal effekt på en turbinmotor och hur denna påverkas av densitetshöjden	2
082 08 01 05	Särskilda förutsättningar	
LO	Förklara hur helikopters prestanda påverkas om motoreffekten är begränsad	2
LO	Redogör för att det är möjligt att ta ut för hög bladvinkel och riskerna med det	2
LO	Redogör för att det är möjligt att ta ut för mycket effekt på motorn och riskerna med det	2