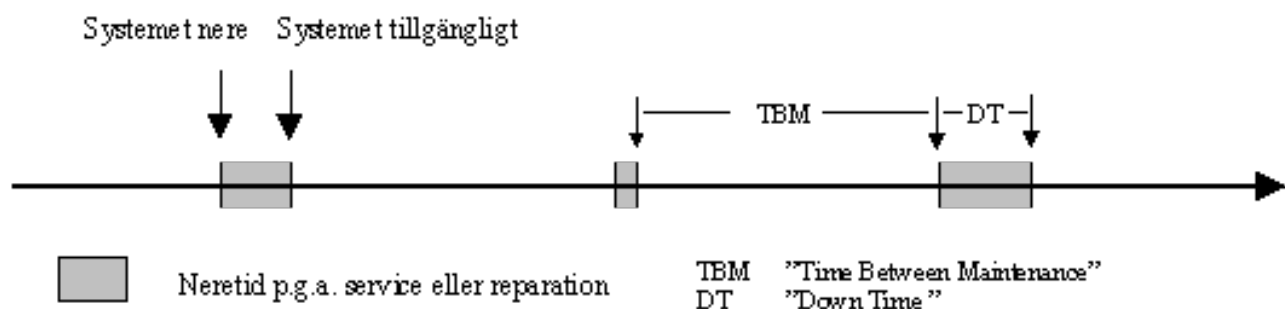


## Tillgänglighetsformler

Detta dokument behandlar olika sätt att beräkna tillgänglighet, med hänsyn till hur det aktuella systemet används.

### Grundformeln

Betrakta situationen m.a.p. tillgänglighet, sett över tiden för ett tekniskt system:



Med tillgänglighet menar vi här andelen av tiden som systemet är tillgängligt, dvs de "vita" delarna av tidsaxeln ovan i relation till hela tiden.

Ett (vanligt) sätt att uttrycka medelvärdet för tillgängligheten är:

$$(1) \quad A = \frac{MTBM}{MTBM + MDT}$$

där

MTBM = medeltid mellan underhåll, reparation eller service  
(den "vita" delen av axeln)

MDT = medelneretid per underhållstillfälle; reparation eller service,  
inklusive logistiska väntetider  
(den "gråa" delen av axeln)

Notera att ovanstående formel förutsätter att systemet endast genererar fel då det är tillgängligt, dvs "tid mellan underhåll" mäts från det att systemet blir tillgängligt tills det åter går ner.

Skriv nu om formeln (rent algebraiskt):

$$A = \frac{\frac{MTBM}{MTBM}}{\frac{MTBM}{MTBM} + \frac{MDT}{MTBM}} = \frac{1}{1 + \left(\frac{1}{MTBM} * MDT\right)}$$

där

1/MTBM är underhållsintensiteten och kan uttryckas som 1/MTBF + 1/MTBP

MTBF = Medeltid mellan fel

MTBP = Medeltid mellan Preventivt underhåll.

1/MTBF utgör felintensiteten, dvs antal fel per kalendertid (eller operativ tid). Notera dock att eftersom "tid mellan fel" enligt tidigare räknas från det att systemet blir tillgängligt tills det blir otillgängligt nästa gång, så innebär 1/MTBF här: antal fel per **tillgänglig** kalendertid. (Detta hänger ihop med att systemet endast genererar fel då det är tillgängligt enligt grundförutsättningen tidigare.)

## Numeriskt exempel

Låt oss nu titta på **ett numeriskt exempel** för att göra det hela mer konkret:

Antal att vi tittar på **en tidsperiod om 1600 tim**.

Detta kan vara t.ex. 1600 tim kalendertid, vilket motsvarar drygt två månader, eller också 1600 operativa timmar under t.ex. ett år (40 veckor ´ 40 tim). I det senare fallet antar vi här den rena situationen att varken drift eller underhåll förekommer under icke operativ tid. Med den förutsättningen blir tillgänglighet under operativ tid precis densamma som tillgänglighet under kalendertid i det första fallet.

Det system vi tittar på här är typiskt ett flygplanssystem som inte är i drift kontinuerligt utan endast en mindre andel av tiden.

Anta att man flyger 400 fh under dessa 1600 tim.

Anta vidare att **MTBF = 10 fh** dvs  $\lambda = 0.1$  fel/fh

**MDT = 5 tim**

Anta att preventivt underhåll ej förekommer här.

För att återknyta till bilden av tidsaxeln tidigare så innebär detta att vi tittar på en bit av axeln som är 1600 tim lång. Under denna tid inträffar 40 fel (i medel) dvs  $400 \text{ fh} \hat{=} 0,1 \text{ fel/fh}$ . (Detta innebär 40 st "gråa" tidsperioder då systemet är otillgängligt.) Varje fel tar i medel 5 tim dvs i medel  $5 \hat{=} 40 = 200$  tim kommer systemet att vara nere under hela perioden om 1600 tim. (Den "gråa" tiden utgör alltså totalt 200 tim.)

Tillgängligheten är andel tillgänglig tid av total tid vilket här blir  $(1600-200)/1600 = 7/8$ .  
Här har vi dock inte använt den "klassiska" formel (1) enligt ovan.

## Kalendertid och drifttid - en annan formel

Att tillgängligheten blir 7/8 i vårt enkla exempel är här helt uppenbart, utan några speciella formler. Därmed borde vi erhålla detta även om man använder formel (1) dvs:  
 $A = \text{MTBM}/(\text{MTBM} + \text{MDT})$ .

För att kunna använda denna måste man dock uttrycka MTBM, vilken avser **kalendertid** mellan underhåll, som en funktion av parametern **drifttid** mellan underhåll (dvs som en funktion av felintensiteten per drifttimme).

Om systemet **inte är i drift kontinuerligt** kan man behöva införa parametrarna:

$l$  = antal fel per drifttimme (ofta fh)

$c'$  = **drifttid/ tillgänglig kalendertid** (eller /tillgänglig operativ tid)

vilket leder till att felintensiteten per kalendertid,  $1/\text{MTBF}$ , kan uttryckas som  $l \hat{=} c'$ .

(På samma sätt kan man införa en intensitet för preventivt underhåll per drifttimme, "p", och skriva om  $1/\text{MTBP}$  as  $p \hat{=} c'$ .)

Genom att använda detta i uttrycket för tillgänglighet ovan erhålls:

$$(2) \quad A = \frac{1}{1 + (1/\text{MTBM}) * \text{MDT}} = \frac{1}{1 + c'(\lambda + p) * \text{MDT}} = \frac{1}{1 + c'(\lambda * \text{MCT} + p * \text{MPT})}$$

där

MCT = medelneretid för reparation (avhjälpande underhåll)

MPT = medelneretid för service (preventivt underhåll)

Notera dock att  $c' = \text{drifttid/ tillgänglig kalendertid} = \text{drifttid} / (\text{all kalendertid} \times A) = c / A$ , där  $c = \text{drifttid/kalendertid}$  (som den "brukar" definieras). Sambandet mellan  $c$  och  $c'$  innebär också att skillnaden mellan dessa två minskar då tillgängligheten ökar, vilket innebär att  $c$  ofta används i st.f.  $c'$  som en approximation vid höga tillgängligheter.

Tillgängligheten  $A$  finns således med på båda sidor av likheten i formel (2). Med hjälp av lite algebra kan dock  $A$  lösas ut enligt nedan:

$$A = \frac{l}{l + c'(\lambda * MCT + p * MPT)} \quad \text{där } c' = c/A$$

$$\frac{l}{A} = l + (c/A) * (\lambda * MCT + p * MPT)$$

$$\frac{l}{A} - (c/A) * (\lambda * MCT + p * MPT) = l$$

$$\frac{l}{A} * (1 - c * (\lambda * MCT + p * MPT)) = l$$

$$(3) \quad A = 1 - c(\lambda * MCT + p * MPT)$$

Denna formel är också vanligt förekommande som grundformel för tillgänglighet och är, vilket framgår av resonemangen tidigare, **lämplig att använda typiskt för flygplanssystem** där driften ej är kontinuerlig och genereringen av fel och service baseras på drifttiden.

Notera att otillgängligheten,  $1-A$ , består av en rak summa över otillgänglighetsbidragen för resp. underhållsåtgärd. Termen  $(l * MCT + p * MPT)$  utgör hindertid per drifttimme (ofta fh).

Om vi tillämpar denna formel i vårt exempel ovan erhålls:

$$A = 1 - 400/1600 * (0.1 * 5) = 1 - 0.25 * 0.5 = 1 - 0.125 = 0.875 = 7/8$$

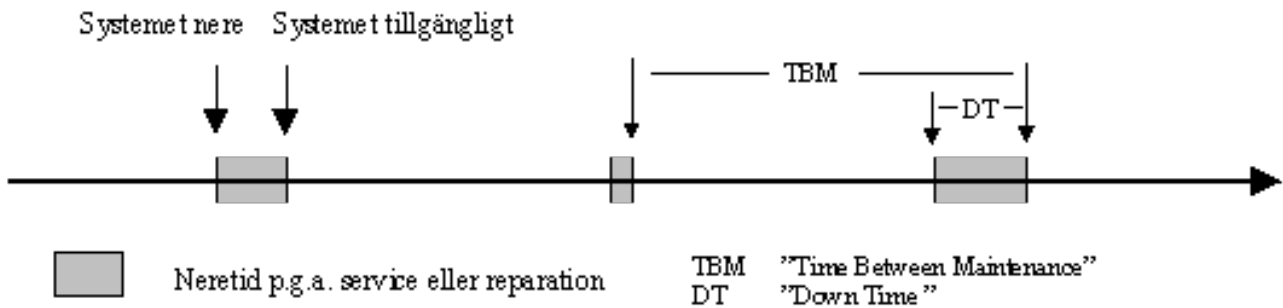
vilket naturligtvis stämmer med tidigare resultat enligt ovan.

## Ytterligare en formel!

Notera här även en annan grundformel för tillgänglighet:

$$(4) \quad A = \frac{MTBM - MDT}{MTBM} = 1 - \frac{MDT}{MTBM}$$

Om vi utgår från bilden över tidsaxeln igen så motsvarar denna formel fallet då ett system (med kontinuerlig drift) fortsätter att generera fel även om något fel har inträffat. (Detta kan typiskt gälla en anläggning där allt är påslaget och i drift även om en viss del felar vilket ger otillgänglighet åtminstone m.a.p. full funktion.)



Notera skillnaden i definitionen av TBM dvs tiden mellan underhåll (t.ex. fel). Med denna förutsättning som bakgrund ser man i bilden att andelen tillgänglig ("vit") tid av total tid kan uttryckas enligt formel (4) ovan. Det är m.a.o. inte samma MTBM i formel (1) och formel (4) vilket är viktigt att komma ihåg. Skillnaden mellan dessa två olika MTBM minskar dock ju högre tillgängligheten är och därför krävs inte alltid att man skiljer på dessa två fall.

I verkligheten finns dessutom beroenden mellan olika underhållstillfällen, t.ex. genom att preventivt underhåll ibland görs i samband med reparationer och tvärtom, vilket även det påverkar beräkningen av tillgänglighet. Det finns m.a.o. inte någon enkel formel för tillgänglighet som klarar ett komplex verkligt fall exakt.

