

Prognoser vid Ahlsell

Peter Wallström

Luleå tekniska universitet
Civilingenjörsprogrammet
Industriell ekonomi
Institutionen för Industriell ekonomi och samhällsvetenskap
Avdelningen för Industriell logistik

Förord

Detta examensarbete utgör slutfasen på civilingenjörsutbildningen i industriell ekonomi vid Luleå tekniska universitet. Arbetet är utfört hos Ahlsells centrallager i Hallsberg

Det är flera personer som har på ett eller annat sätt bidragit med kunskaper, funderingar och uppgifter. Bland de bidragande personerna kan nämnas:

- Hans Norelius, handledare på Ahlsell.
- Anders Segerstedt, handledare vid LTU, för påpekande kring det inte alldeles uppenbara i det självklara.
- Terese Lantto för informatörens ögon och känsla för punkter och komman i allmänhet och kortare meningar i synnerhet.
- Johan Ivarsson för teoriklartecken och Johan Karlström för teorifrågetecken.

Några nämnda, ingen glömd.

Luleå i maj 2006

Peter Wallström

Sammanfattning

Att på förhand bestämma hur mycket som ska köpas in för att täcka en ännu okänd efterfrågan, är en fråga som många inköpare kämpar med. I takt med att resurser ska utnyttjas allt effektivare blir kraven högre på minskat resursslöseri. Det ställs allt högre krav på korrekta prognoser samtidigt som det har blivit allt svårare att prognostisera enskilda artiklar. Sortimenten har utökats, artiklars livslängd har förkortats och företagsförvärv förvränger efterfrågestatistiken. Samtliga av dessa problem kämpar Ahlsells centrallager i Hallsberg med. Där finns nära 80 000 aktiva artiklar med varierande efterfrågan och efterfrågemönster.

Syftet med examensarbetet är att möjliggöra en förbättring av prognosprocessen genom att visa på en metodik för utvärdering av prognosmetoder och parametersättning. Några olika metoder utvärderades; glidande medelvärde, exponentiell utjämning, exponentiell utjämning med trend, exponentiell utjämning med säsong kombinerat med naiv prognos samt adaptiv exponentiell utjämning. Metoderna analyserades med och utan säsongsindex. Utvärderingen skedde med en kombination av utvalda och slumpmässigt utvalda artiklar. Ett förslag på en Excel-mall för utvärdering av prognoser lämnas till Ahlsell.

Bland de nya mått som introduceras finns bland annat lagerperioder och medelabsolutförändring. Lagerperioder är ett komplement för att mäta systematiska prognosfel som tar hänsyn till tidsaspekten. Medelabsolutförändring används vid beskrivning av tidsserier.

Två prognosmetoder rekommenderas som lämpliga att starta med. Adaptiv exponentiell utjämning i de fall trend eller ett tydligt cyklisk efterfrågmönster existerar. Denna metod var bäst i de flesta av dessa fall men olämplig i övriga fall. Exponentiell utjämning med naiv prognos var den mest robusta metoden och var aldrig sämst, samtidigt som det var den enskilt bästa metoden. Metoderna bör kunna användas med och utan säsongsindex. Till Ahlsell föreslås att prognosprocessen förbättras i fyra steg:

Steg 1. En ansvarig utses för prognoserna och dess förbättringsarbete. Vederbörande skall ha både befogenheter och kompetens. Prognosarbetet, viktiga parametrar och uppföljning av prognosmetoder bör dokumenteras. Detta gäller för samtliga förbättringssteg. Endast två metoder används med och utan säsongsindex. För exponentiell utjämning med naiv prognos ska det vara möjligt att välja bort den naiva delen. Utvärdering av metoder sker med hjälp av en Excel-mall. Vid osäkerhet i bedömning av lämplig metod väljs det alternativ som visats sig ge tillfredsställande resultat i de flesta fall. Parameterfokus ska vara på att hitta ett korrekt startvärde. Det exponentiellt utjämnade MAPE-gränsvärdet för klassificering av bristande prognosprecision ersätts av tre olika gränsvärden; 20, 30 och 40 procent.

Steg 2. Parameterfokus flyttas till utjämningskonstanten. Enbart två värden för utjämningskonstanten används och utvärderas i Excel-mallen och/eller i enlighet med beskrivande mått på tidsserien.

Steg 3. Värdena på utjämningskonstanten tillåts variera då utvärdering kan ske utan risk för överanpassning av prognosmetoderna.

Steg 4. När kunskaperna kring parametersättning är etablerade från de tidigare stegen, kan fler prognosmetoder introduceras för förbättrad prognosprecision.

Det fjärde steget utgör inte det sista steget i prognosförbättringar. Det är istället det första steget till ständiga förbättringar av prognoserna.

Abstract

To decide in advance the amount that will be bought to cover a yet unknown demand is a question that purchasers struggle with. In connection with an increasingly more efficient use of resources the demand of less waste of resources is sharpened. The demand for correct forecasts is ever-increasing at the same time forecasts for individual items have become increasingly difficult. The assortment has increased, the lifespan of an item is shortened and purchase of companies distorts the demand statistics. The central warehouse of Ahlsell is struggling with all of these problems. There are nearly 80 000 active articles with varying demand and demand pattern.

The purpose of the thesis is to enable an improvement of the forecast process by presenting a method for evaluation of forecasting methods and parameter adjustments. The following forecasting methods were evaluated: simple moving average, simple exponential smoothing, exponential smoothing with trend, exponential smoothing with season in combination with naïve forecast and adaptive-response-rate single exponential smoothing (ARRSES). The methods were analysed with and without seasonal indices. The evaluation was done on a combination of selected and randomly selected items. A proposal of an Excel template for evaluation of forecasting methods is given to Ahlsell.

Among the new measures that are introduced are *periods in stock* and *mean absolute change*. *Periods in stock* is a complement to measure systematic forecast errors that considers the aspect of time. *Mean absolute change* is used when the description of a time series is concerned.

Two forecasting methods are recommended as suitable to begin with. ARRSES if a trend or a clear cyclic demand pattern exists. This method was best in most of these cases but unsuitable in the other cases. Exponential smoothing with naïve forecast was the most robust method and was never the worst performing method, at the same time it was the single best method. The methods should be able to be used with or without index. Ahlsell is proposed to improve the forecasting process in four stages.

Stage 1. One person who is responsible for the forecasts and the improvement of the forecasts is appointed. The person concerned must have both authority and competence. The forecast work, important parameters and the follow up of forecasts should be documented. This concerns every stage of the improvement. Only two forecasting methods are used with or with index. For exponential smoothing with naïve forecast should the naïve forecast be an option. The evaluation of the methods is done with the aid of an Excel template. When uncertainty occurs in the evaluation, the chosen method is the method that has proved to give satisfactory results in most cases. Parameter focus must concern finding a correct initial value. The exponentially smoothed MAPE limit for classification of forecasting precision is replaced by three different limits; 20, 30 and 40 percent.

Stage 2. Focus of the parameters is shifted to the smoothing constant. Only two values for the smoothing constant are used and evaluated in the Excel template and/or according to the descriptive measures of the time series.

Stage 3. The values of the smoothing constants are allowed to vary when evaluation is possible without risking over-fitting the forecasting methods.

Stage 4. When the knowledge concerning the smoothing constant is established from the earlier stages, it is possible to introduce additional forecasting methods for improved precision.

The fourth stage is not the last stage in the improvement of the forecasts but the first stage to constant improvement of the forecasts.

Innehållsförteckning

1	INLEDNING	1
1.1	INTRODUKTION	1
1.2	FÖRETAGSPRESENTATION	1
1.3	CENTRALLAGRET I HALLSBERG	3
1.4	PROBLEMBAKGRUND	3
1.5	SYFTE OCH MÅL	4
1.6	AVGRÄNSNINGAR	4
1.7	DISPOSITION	4
1.8	LÄSANVISNINGAR	5
2	TEORI	6
2.1	PROGNOSER	6
2.2	TIDSSERIER	7
2.2.1	Efterfrågemönster	7
2.2.2	Uppdelning av tidsserier	7
2.3	BESKRIVNING AV TIDSSERIER	9
2.3.1	Statistiska mått	9
2.3.2	Autokovarians	10
2.3.3	Autokorrelation	12
2.3.4	Medelabsolutförändring	15
2.4	PROGNOSMETODER	18
2.4.1	Kvantitativa prognosmetoder	18
2.4.2	Kvalitativa prognosmetoder	25
2.5	PROGNOSFEL	26
2.5.1	MAD	27
2.5.2	MSE	28
2.5.3	CFE	28
2.5.4	MPE	29
2.5.5	MAPE	30
2.5.6	Komplementerande mått	30
2.6	VAL AV PROGNOSMETOD	32
2.7	TESTER AV PROGNOSMETODER	34
2.8	PROGNOSUPPFÖLJNING	34
2.8.1	Tracking signal	35
2.9	BRISTFÄLLIGA PROGNOSER	36
2.10	PROCESSER	37
2.10.1	Rollbegrepp	37
2.10.2	Mognadsmodellen	38
3	METOD	39
3.1	KVANTITATIV OCH KVALITATIV FORSKNING	39
3.2	VETENSKAPLIGA METODER	39
3.3	DATAINSAMLING	40
3.3.1	Primärdata	40
3.3.2	Sekundärdata	40
3.4	METODPROBLEM	40
3.4.1	Validitet	40
3.4.2	Reliabilitet	41
3.4.3	Upplösning	41

3.5	DISKRIMINANTANALYS	41
3.6	TILLVÄGAGÅNGSSÄTT	42
4	NULÄGESBESKRIVNING	44
4.1	PROGNOSARBETET I ORGANISATIONEN	44
4.2	PROGNOSMETODER I AFFÄRSSYSTEMET	44
5	ANALYS OCH RESULTAT	46
5.1	RANGORDNING AV PROGNOSMETODER	46
5.2	SAMMANSTÄLLNING AV PROGNOSMETODER	47
5.2.1	Exponentiell utjämning	48
5.2.2	Glidande medelvärde	49
5.2.3	HW-naiv	50
5.2.4	Adaptiv exponentiell utjämning	51
5.2.5	Exponentiell utjämning med trend	52
5.3	STARTVÄRDEN	54
5.4	SÄSONGSINDEX	55
5.5	GRÄNSVÄRDE FÖR KLASSIFICERING AV BRISTANDE PROGNOSSÄKERHET ..	56
5.6	PÅVERKANDE FAKTORER FÖR PROGNOSPRECISION	56
5.7	MOGNADSMODELLEN	58
6	SLUTSATSER OCH REKOMMENDATIONER	59
6.1	PROGNOSMETODER	59
6.2	STARTVÄRDEN	60
6.3	SÄSONGSINDEX	60
6.4	GRÄNSVÄRDE FÖR KLASSIFICERING AV BRISTANDE PROGNOSSÄKERHET ..	61
6.5	PÅVERKANDE FAKTORER FÖR PROGNOSPRECISION	61
6.6	FÖRBÄTTRINGSSTEG	61
7	DISKUSSION	63
7.1	METODDISKUSSION	63
7.2	FORTSATT FORSKNING	64
7.3	AVSLUTANDE KOMMENTAR	64
8	REFERENSER	65
8.1	LITTERATUR	65
8.2	ÖVRIG LITTERATUR	66
8.3	ELEKTRONISKA REFERENSER	66
8.4	MUNTLIGA REFERENSER	66
BILAGA A – PROGNOSEFRÅGOR		
BILAGA B – ANALYSEXEMPEL 1 MED FÖRKLARINGAR		
BILAGA C – ANALYSEXEMPEL 2		
BILAGA D – ANALYSEXEMPEL 3		
BILAGA E – FLÖDESSCHEMA FÖR PROGNOSENTVÄRDERING		
BILAGA F – BERÄKNING AV URVALSSTORLEK		
BILAGA G – SAMMANSTÄLLNING AV ARTIKLAR		

1 Inledning

I detta kapitel avhandlas bakgrundsinformation som ligger till grund för detta examensarbete, samt syfte och avgränsningar. Dessutom presenteras Ahlsell och dess centrallager i Hallsberg.

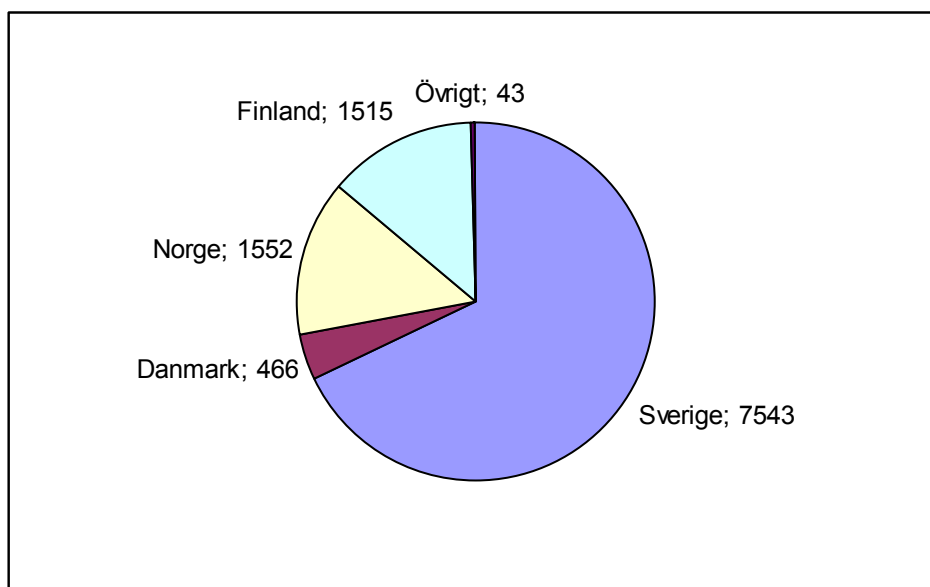
1.1 Introduktion

Logistik kan definieras som att organisera, planera och styra flöden, helst på effektivast möjliga sätt; rätt mängd i rätt tid. Hur ska flödena, som vanligtvis består av varor och tjänster, kunna göras så effektiva som möjligt? I de flesta fall tar det längre tid att tillverka eller köpa in en tjänst eller vara än vad själva leveransen tar. Någon form av prognos är nödvändig för att kunna möta efterfrågan i rätt tid och rätt mängd. I takt med att med att resurser ska utnyttjas allt effektivare blir kraven högre på minskat resursslöseri. Prognoser för enskilda artiklar har blivit allt svårare under de senaste årtiondena. Sortimenten har utökats och artiklars livslängd har förkortats. Företagsfusioner eller företagsköp förvränger tidigare efterfrågestatistik när gamla marknadsandelar inte längre gäller.

1.2 Företagspresentation

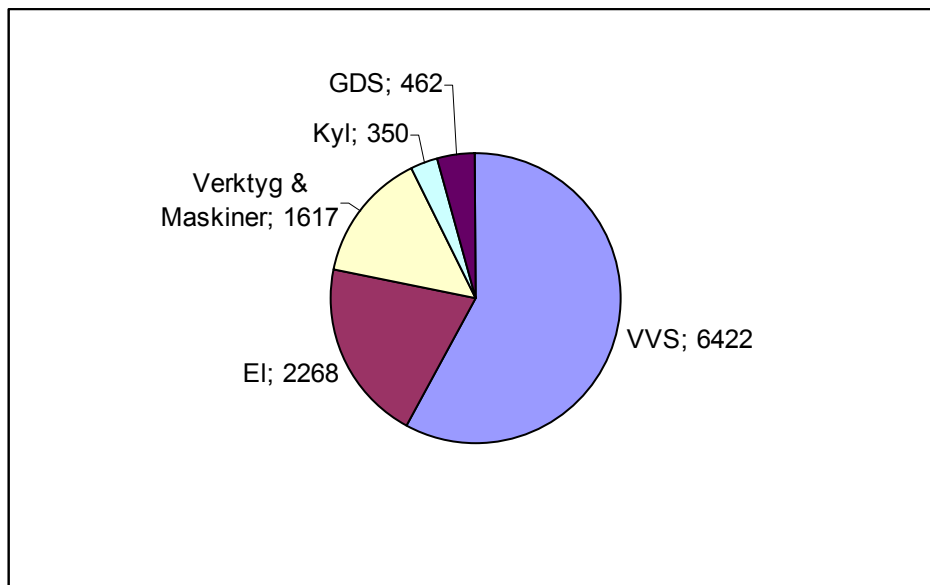
Ahlsell är verksam som grossist på den nordiska marknaden med över 125 000 lagerförda artiklar. Produktområdena är; VVS, El, Verktyg & Maskiner, Kyl samt GDS (Gör Det Själv). Visionen och målet är att Ahlsell ska vara det självklara valet inom installationsprodukter, verktyg och maskiner för kunden. Strategin för att styra mot vision och mål baseras på fem beståndsdelar; brett produktsortiment, lokal närvaro, specialistkompetens, tillväxt genom förvärv samt centralisering av inköp, administration och logistik. 2004 var omsättningen 14 miljarder SEK och cirka 4000 var anställda på företaget. Omsättningen har nära nog fördubblats under de fem senaste åren.

Verksamheten är geografiskt organiserad i distrikt eftersom lokal närvaro har varit en konkurrensfördel sedan starten 1877. I Norden finns det i dagsläget omkring 200 butiker och säljkontor varav 80 finns i Sverige



Figur 1.1. Omsättning per land 2004, MSEK. Figur 1

Den nordiska grossistmarknaden består av ett fåtal aktörer. Av dessa aktörer är det Ahlsell och finska Onninen som är etablerade i mer än ett produktområde. Inom de olika produktområdena varierar konkurrenssituationerna. Allt från produktområdet Kyl med två aktörer i Norden, Ahlsell och G&L Beijer, till produktområdet GDS med ett flertal lokala aktörer.



Figur 1.2. Omsättning per produktområde 2004, MSEK.

Från 1996 till början av 2006 har 29 företagsförvärv gjorts vars sammanlagda omsättning är cirka 10 miljarder SEK. Syftena med förvärven är att utöka marknader geografiskt eller komplettera existerande produktområden. Andra fördelar med förvärven är att de skapar möjlighet till skalfördelar genom att samordna inköp, IT, logistik och administration.

Koncernen har 85 000 kunder. De tio största kunderna stod för nära 15 procent av koncernens nettoomsättning. Kunderna finns främst bland installationsföretag, industri-, bygg- och fastighetsbolag, VA-entreprenörer, elnätbolag samt kommuner och detaljister.

1.3 Centrallagret i Hallsberg



Figur 1.3. Centrallagret i Hallsberg.

Ahlsells logistikcentrum och centrallager för Sverige ligger i Hallsberg. Där arbetar ungefär 600 personer. Anläggningen har sedan starten 1990 byggts ut i omgångar och är nu med sina 58 000 m² ett av Europas största lager. Totalt har centrallagret en yta på 170 000 m² inberäknat utomhusytorna på 110 000 m². Omkring 150 långtradare passerar dagligen centrallagret. Under ett år lämnar 385 000 ton gods lagret.

Centrallagret lagerför ungefär 100 000 artiklar av vilka 25 000 tillhör El. Storleken på artiklarna varierar från små batterier till transformatorer. Årligen fasas 5-10 procent ut och ersätts av 5-10 procent nya artiklar av de 100 000 lagerförda artiklarna.

Logistiksystemet grundas på ett IT-system som förbinder leden i produktflödet. Systemet täcker såväl centrallager som butiker, samt inleverans och lagerhållning.

1.4 Problembakgrund

Ahlsell har ett stort utbud av artiklar, på centrallagret i Hallsberg finns nära 80 000 aktiva artiklar. Artiklarnas efterfrågemönster varierar kraftigt. Det finns artiklar som har en stark säsongprofil som växlar från artikel till artikel medan andra har en mindre variation över tiden. Dessutom finns det artiklar med få respektive väldigt många beställningar per månad, några med mer än 70 beställningar per dag. Även kvantiteten per beställning varierar kraftigt, detta på grund av att centrallagrets två funktioner. Centrallagret levererar primärt direkt till kunder samt, sekundärt, till butikerna.

Historiska data, som matematiska prognosmetoder använder sig av, ger delvis en förvrängd bild. Företagsförvärven har stärkt Ahlsells marknadsposition samtidigt som det har försvårat prognosmöjligheterna då det gäller artiklar som både det förvärvade företaget och Ahlsell har sålt. Ahlsells försäljningsstatistik blir inaktuell för dessa artiklar när efterfrågan kommer även

att avse det förvärvade företaget. Exceptionella händelser som produktkampanjer och stora, enstaka projekt ger en felaktig bild av efterfrågan, vilket påverkar prognossäkerheten.

Det finns ingen gemensam organiserad arbetsmetod för prognoser. Felaktiga prognoser åtgärdas utan någon dokumentation.

1.5 Syfte och mål

Syftet med examensarbetet är möjliggöra förbättring av prognosprocessen för att minska prognosfelen och därmed även kostnaderna för felaktiga prognoser.

Målet är att ta fram en metod för att välja lämplig prognosmetod och prognosparametervärden för artiklar så att prognosfelet blir så litet som möjligt samtidigt som några olika prognosmetoder utvärderas. Ett delmål är kartlägga lämpliga mått för att beskriva en artikels efterfrågemönster.

1.6 Avgränsningar

Enbart centrallagret undersöks eftersom försäljningen från centrallagret består av butiksförsäljning och försäljning till kunder. Detta medför att slumpeeffekterna som påverkar prognoserna borde vara mindre för centrallagret jämfört med enskilda butiker. Positiva eller negativa slumpeeffekter för efterfrågan hos enskilda butiker jämnas ut när sammanställning av efterfrågan för samtliga butiker görs i centrallagrets efterfrågestatistik.

Alla artiklar som används vid prognosmodelleringarna kommer från El som är det produktområde med längst försäljningsstatistik utan företagsköp. Anledningen är att företagsköp har påverkat tillförlitligheten på försäljningsstatistiken. Försäljningsvolymen före och efter ett företagsköp skiljer sig åt. Det som ser ut som ökad efterfrågan är i själva verket ökade marknadsandelar. Vid bestämmande av prognosmetoder och prognosparametrar blir tillförlitligheten bättre desto fler efterfrågeperioder som finns tillgängliga och därför baseras modelleringarna enbart på de artiklar som har den längsta tidsperioden utan företagsförvärv.

Modelleringarna i Excel baseras enbart på artiklar som har efterfrågan i varje period. Lågrörliga artiklar kräver ett något annorlunda angreppssätt och med en begränsad tid till förfogande har avgränsningen gjorts.

Fokus för examensarbetet ligger på användandet av matematiska metoder för efterfrågan och arbetet med och kring dessa metoder. Kvalitativa metoder behandlas men enbart i syfte att komplimentera de matematiska metoderna.

1.7 Disposition

Rapporten har sju kapitel vars innehåll beskrivs nedan.

Kapitel 2: Teori – I kapitlet redogörs och i viss mån förklaras de teorier som anses vara relevanta för problemlösandet. För flertalet ekvationer finns numeriska exempel. Kapitlet behandlar bland annat olika prognosmetoder, mått för prognosfel och beskrivningar av tidsserier.

Kapitel 3: Metod – I kapitlet presenteras de använda vetenskapliga metoderna samt det praktiska tillvägagångssättet. Syftet med kapitlet är att beskriva de metoder som används, inte att argumentera för valda metoder.

Kapitel 4: Nulägesbeskrivning – I kapitlet beskrivs de nuvarande rutinerna kring prognosarbetet och prognosmetoder i affärssystemet.

Kapitel 5: Resultat och analys – I kapitlet presenteras och analyseras resultatet av prognosmodelleringarna utförda i Excel. Dessutom analyseras de kvalitativa aspekterna för prognosarbete. Denna analys kopplas till den teoretiska referensramen.

Kapitel 6: Slutsatser och rekommendationer – I kapitlet avhandlas de slutsatser och rekommendationer som är resultatet av examensarbetet.

Kapitel 7: Avslutande diskussion – I kapitlet diskuteras valda metoder i ett reliabilitets- och validitetsperspektiv. Förslag på fortsatt forskning behandlas.

1.8 Läsanvisningar

För att underlätta läsandet följer förslag på vilka delar som bör läsas beroende av syfte med läsningen samt kännedom kring prognoser och dess problematik.

Om syftet rör intresse kring förslag som framkommit i examensarbetet – Denna läsare bör läsa kapitel 5 och 6, bilaga B-E, samt kapitel 4 om prognosarbetet på Ahlsell är obekant.

Om syftet rör intresse kring förslag som framkommit i examensarbetet såväl som metodiken kring arbetet – Denna läsare bör läsa det som rekommenderas i föregående stycke samt kapitel 3 och 7.

Ovanstående är giltigt om tillräckliga teorikunskaper finns. Om inte, rekommenderas kapitel 2 där numeriska exempel för vissa delar av teorin finns i slutet. Även om de ligger sist kan det vara bättre att läsa det numeriska exemplet i anslutning till den definierande ekvationen.

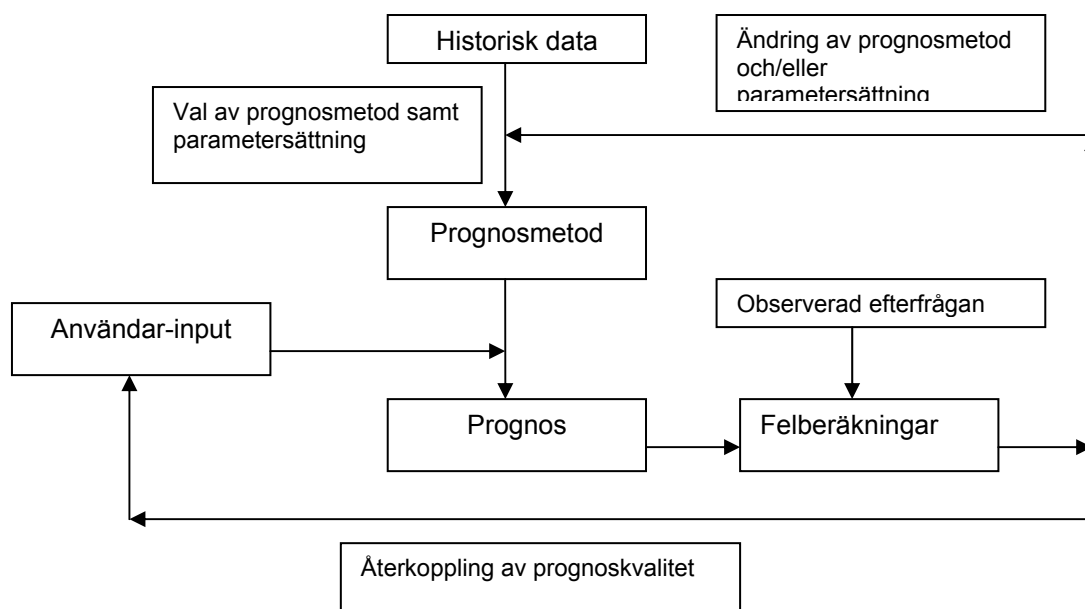
2 Teori

I detta kapitel presenteras de teorier som har legat till grund för arbetet. Efter en introduktion beskrivs olika aspekter på tidsserier. Därefter beskrivs olika kvantitativa och kvalitativa prognosmetoder som följs av prognosfel. Även teorier kring val och kontroll av prognosmetoder behandlas. Kapitlet avslutas med kvalitetsteorier; processer och mognadsmodellen.

2.1 Prognoser

När är prognoser nödvändiga? Ur ett efterfrågeperspektiv är prognoser nödvändiga när tillverkning eller anskaffande tar längre tid än vad kunden är beredd att vänta. En undersökning av Hewlett-Packard visade att 60 procent av deras lager var för att täcka variation. Av de 60 procenten berodde 2 procent på variation orsakat av leverantörer, 2 procent härleddes till variation i tillverkning och resterande 96 procent förklarades av osäkerhet i efterfrågan. (Silver et al, 1998)

Att basera framtiden på det förflutna förutsätter att det finns tillräckligt med information i det förflutna som stämmer överens med framtiden. Hur väl det än stämmer överens, finns det faktorer som påverkar framtiden. Konkurrenter, ny teknik, nya strategier, ändrade konsumtionsmönster samt vilken fas i livscykeln produkten befinner sig i, är exempel på några av möjliga faktorer av mer systematisk karaktär. För att undvika felen av systematisk karaktär bör egna åtgärder som påverkar efterfrågan tas med i prognoserna. Det är viktigt att bedömningen av de egna åtgärderna inte baseras på förhoppningar kring vad man vill åstadkomma med åtgärderna. Det finns dessutom faktorer av mer slumpmässig karaktär som väder och kunden som skjuter upp det planerade inköpet till nästa månad. Mängden slumpmässiga faktorer innebär att prognosfel blir en regel, snarare än ett undantag. (Ibid)



Figur 2.1. Konceptuell modell över prognoser enligt Silver et al (1998)

2.2 Tidsserier

Data kan samlas in på olika sätt. Data kan härröra från en bestämd tidpunkt eller period, vilket kallas tvärsnittsdata. Vid efterfrågeprognoser sker observationerna under en rad tidsperioder, tidsseriedata. En tidsserie är en serie observationer ordnade i kronologisk ordning med ett konstant avstånd mellan tidpunkterna. Det finns två variabler i en tidsserie; den ena variabeln är efterfrågan och den andra är tidpunkten. (Andersson et al, 1983)

2.2.1 Efterfrågemönster

När prognoser baseras på tidsserier är det nödvändigt att identifiera efterfrågemönster. Antagandena om eventuella mönster påverkar prognosutfallen och prognosfelen. Efterfrågemönstren kan delas in i fem grundläggande mönster. (Krajewski och Ritzman, 2002)

Horisontell. Efterfrågan varierar kring ett konstant medelvärde

Trend. Systematisk förändring av medelvärdet över tiden, förändringen kan vara positiv eller negativ.

Säsong. Ett mönster som upprepas över tiden där längden kan bland annat vara dag, vecka, månad, år.

Cyklisk. Ett mindre förutsägbart mönster som ökar eller minskar över längre tidsperioder än ett år.

Slumpmässig. Efterfrågan varierar och variationen saknar ett förutsägbart mönster.

Vissa eller samtliga av de olika mönstren kan förekomma samtidigt. En artikel kan ha en positiv trend samtidigt som artikeln har en säsongvariation. Dessutom befinner sig artikeln i en cyklisk fas. Det cykliska mönstret påverkas av konjunkturen och var i livscykeln produkten befinner sig i. (Ibid)

2.2.2 Uppdelning av tidsserier

Efterfrågan kan beskrivas med hjälp av de fem mönstren (komponenter). Kombinationen av komponenterna bildar efterfrågemodellen. Modellen kan beskrivas med en multiplikativ eller additiv modell. Om variationen på en komponent ökar med ökad efterfrågan är den multiplikativa modellen lämpligare. Då komponenterna har konstant variation oavsett efterfrågan kan den additiva modellen vara lämplig. (Silver et al, 1998)

Multiplikativ modell:

Efterfrågan = (Trend)·(Säsong)·(Cyklisk)·(Slumpmässig)

Additiv modell:

Efterfrågan = (Trend) + (Säsong) + (Cyklisk) + (Slumpmässig)

Analysen av efterfrågeutvecklingen underlättas om efterfrågan delas upp i olika komponenter. Ofta är det säsongvariationerna som rensas för att kunna studera utvecklingen. För att kunna plocka bort säsonginflytandet bör längden på säsongen fastställas först. Här antas att längden är 12 perioder. Då säsonglängden är ett jämt tal utnyttjas centrerat glidande medelvärde för att centrera perioden som ska säsongrenas. En nackdel med metoden är att en halv säsongslängd (6 perioder) försvinner i början och slutet av efterfrågeserien. (Makridakis et al, 1998)

Centrerat glidande medelvärde bygger på att man tar två glidande medelvärden. Det första är medelvärdet för period 1-12 (om periodlängden är 12). Det andra är för period 2-13. Av dessa två medelvärden bildas ett nytt medelvärde som är det centrerade medelvärdet för månad 7 vilket är den första punkten för det centrerade glidande medelvärdet. Att det krävs två medelvärden beror på att centrum för första medelvärdet är 6,5 $((1+12)/2)$ och centrum för det andra är 7,5 $((2+13)/2)$. Centrerat glidande medelvärde (C) för 12 perioder har följande utseende:

$$C = \frac{1}{2} \left(\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n Y_i + \frac{1}{n} \sum_{i=2}^{n+1} Y_i \right) \quad (2:1)$$

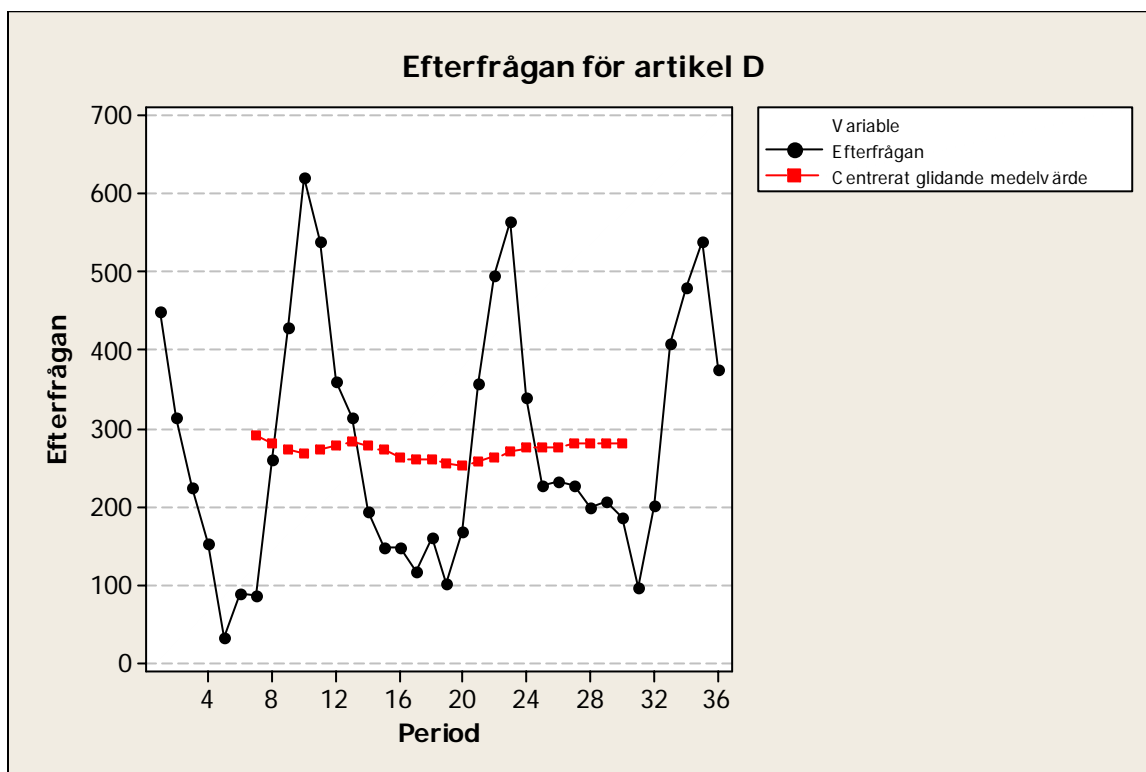
n = Antal perioder i säsongen

Y_i = Efterfrågan i period i

Den första period som kan säsongrensas är den sjunde perioden när säsongen har 12 perioder, vilket ger följande:

$$C_7 = \frac{1}{2} \left(\frac{1}{12} \sum_{i=1}^{12} Y_i + \frac{1}{12} \sum_{i=2}^{13} Y_i \right) = \frac{1}{2} \left(\frac{Y_1 + Y_2 + \dots + Y_{12}}{12} + \frac{Y_2 + Y_3 + \dots + Y_{13}}{12} \right) \quad (2:2)$$

Om periodlängden är en månad är Y_1 = januari år 1, Y_{12} = december år 1 och Y_{13} = januari år 2.



Figur 2.2. Efterfrågan och efterfrågan justerat med centrerat glidande medelvärde. Variationerna är små för centrerat glidande medelvärde. De stora säsongsvariationerna har rensats bort.

Säsongindex kan fastställas på flera sätt. Om tillräckligt många perioder finns tillgängliga är det lämpligt att basera index på centrerat glidande medelvärde. Anledningen är att det

centrerade glidande medelvärdet består av många observationer vilket ytterligare minskar slumpens inflytande på säsongsindex i jämförelse med vanligt medelvärde. Finns det endast ett begränsat antal perioder kan vanligt medelvärde användas. Index kan även skapas genom att bilda medelvärde av index från flera olika år. (Makridakis et al, 1998)

Index för en period bildas av kvoten mellan efterfrågan för denna period och medelvärdet (ekvation 2:3). Summan av samtliga index ska bli lika med antalet perioder som ingår. Vanligtvis brukar en liten differens uppstå. Därför justeras, normeras, index för att summan ska bli lika med antal index (ekvation 2:4).

$$I_t = \frac{Y_t}{\bar{Y}} \quad (2:3)$$

I_t = Index period t

Y_t = Efterfrågan i period t

\bar{Y} = Medelvärde

$$I_t^N = I_t \cdot \frac{n}{\sum_{t=1}^n Y_t} \quad (2:4)$$

I_t^N = Normerat index period t

n = Antal perioder i säsongen

2.3 Beskrivning av tidsserier

Prognosmetoder som används för tidsserier baseras på antagandet att det historiska mönstret för tidsserien inte förändras utan gäller även för den framtida tidsserien. Därför är det lämpligt att mäta tidsserien för att kontrollera om det historiska mönstret fortfarande är aktuellt eller om någon förändring har skett. (Krajewski och Ritzman, 2002).

2.3.1 Statistiska mått

De vanligast förekommande statistiska måtten som förekommer utanför prognossammanhang används här för att kontrollera tidsserier och prognosfel. För artiklar med efterfrågan varje prognosperiod räcker det med att undersöka efterfrågan och eventuellt prognosfel.

2.3.1.1 Medelvärde

Medelvärde är ett lägesmått som är det genomsnittliga värdet av alla tal som ingår i en serie (ekvation 2:5). En nackdel med medelvärde är att måttet är känsligt för extrema värden, antingen mycket stora eller små tal i förhållande till de övriga talen i serien. Detta kan få till följd att medelvärdet är ett värde som inte är representativt för serien. (Vännman, 2002)

Exempelvis om en serie består av följande tal; 2, 3, 3, 3, 4, 9, kommer medelvärdet att vara fyra trots att tre är mer representativt. Det sista talet, nio, gör att medelvärdet höjs och blir lika med det näst största talet i serien. Talserien är ett exempel på en skev fördelning.

$$\bar{Y} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i = \frac{Y_1 + Y_2 + \dots + Y_n}{n} \quad (2:5)$$

\bar{Y} = Medelvärde

n = Antal observationer

Y_i = Observation i period i

2.3.1.2 Median

Median är ett lägesmått som inte är känsligt för extrema värden i samma utsträckning som medelvärdet. Medianen är talet mitt i en serie. Om serien består av ett jämt antal är medianen medelvärdet av de två talen som är mitt i serien. (Vännman, 2002)

Medianen för serien i exemplet för medelvärde är tre. Medianen visar vilket som ligger i mitten av alla fel. Medianen kommer att ge ett mer rättvisande värde på storleksordningen man i genomsnitt kan förvänta sig i de fall extrema fel förekommer.

2.3.1.3 Standardavvikelse

Standardavvikelsen är ett mått på hur stor variation ett material har och är ett spridningsmått (ekvation 2:6). Måttet används främst när det rör sig om normalfördelat eller någorlunda normalfördelat material. Normalfördelningen är en symmetrisk, klockformad sannolikhetsfördelning. (Vännman, 2002)

$$s = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (Y_i - \bar{Y})^2}{n-1}} = \sqrt{\frac{(Y_1 - \bar{Y})^2 + (Y_2 - \bar{Y})^2 + \dots + (Y_n - \bar{Y})^2}{n-1}} \quad (2:6)$$

s = Standardavvikelse

2.3.1.4 Variationskoefficienten (CV)

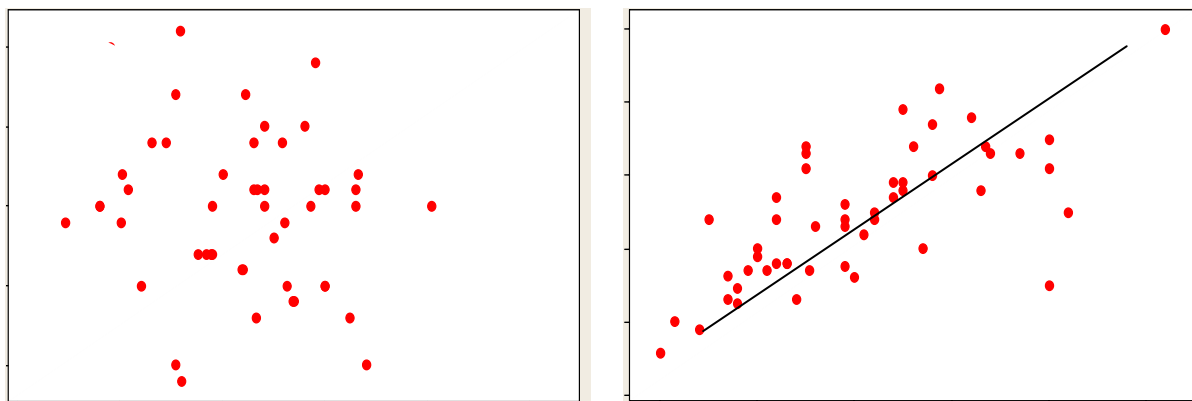
Standardavvikelsen är ett mått på den absoluta variationen. I många fall är den absoluta variationen av underordnad betydelse. Låt standardavvikelsen vara 10. Är det lågt eller högt? För att svara på den frågan behövs det något att jämföra med. Ett lämpligt mått är medelvärdet. Om medelvärdet är 1 och standardavvikelsen 10, då är standardavvikelsen hög. Är medelvärdet däremot 1000, då är standardavvikelsen låg. För att kunna göra relativa jämförelser mellan olika serier bildas variationskoefficienten av kvoten mellan standardavvikelsen och medelvärdet (ekvation 2:7). Ett högre värde på variationskoefficienten betyder att tidsserien har stor variation. Variationskoefficienten förkortas vanligtvis med CV (Coefficient of Variance). (Hopp och Spearman, 1996)

$$CV = \frac{s}{\bar{Y}} \quad (2:7)$$

2.3.2 Autokovarians

Att använda historiska data för att förutsäga framtida efterfrågan förutsätter att historiska och framtida värden har något gemensamt. Därför är det av intresse att undersöka huruvida det finns ett samband mellan historien och dagsläget. Detta görs genom att undersöka

autokovariansen eller autokorrelationen för materialet som att förklaras. I ordet autokovarians kan man hitta ledtrådar till vad de två metoderna innebär. "Ko" betyder gemensam och "varians" har med variation att göra, gemensam variation eller samvariation mellan två variabler som har ett visst tidsavstånd. Den variationen som kan mätas är de linjära sambanden som existerar. I figurerna nedan saknar den vänstra linjärt samband. Det är svårt att dra en linje genom svärmen för att hitta en tendens bland punkterna. Den högra figuren har inte lika slumpmässigt utspridda mätpunkter. Här är det lättare att hitta en linje för att beskriva tendensen, det linjära sambandet. (Makridakis et al, 1998)



Figur 2.3. Icke korrelation och korrelation. I vänstra delen är värdena (punkterna) utspridda utan tendens till en linje, typiskt när korrelation saknas eller är låg. I högre delen ansluter många värden till en linje, vilket kännetecknar korrelation.

För att bestämma autokovariansen beräknas medelvärdet för tidsserien, exempelvis från januari 2003 till december 2005. Därefter sker beräkningen för de olika tidsförskjutningarna ("lags" på engelska). Den första tidsförskjutningen är 1, och autokovariansen fastställs genom att summera samvariationen för de olika månaderna och sedan dividera med antal månader. Det innebär att differensen för februari och medelvärdet multipliceras med differensen för januari och medelvärdet. Nästa steg är att ta differensen mellan mars och medelvärdet multiplicerat med differensen mellan februari och medelvärdet. Proceduren upprepas tills att det inte återstår några månader. Samtliga multiplikationer summeras och divideras med antalet månader (tidsperioder). Den andra tidsförskjutningen är 2, vilket medför att det är efterfrågan för mars och januari som är först ut och som följs av april och februari och så vidare (ekvation 2:8). Ju högre värde desto större är autokovariansen. (Ibid)

$$c_k = \frac{1}{n-k} \sum_{t=k+1}^n (Y_t - \bar{Y})(Y_{t-k} - \bar{Y}) \quad (2:8)$$

c_k = Autokovarians vid tidsfördröjning k

n = Antal tidsperioder

Y_t = Observation vid tidpunkt t

Y_{t-k} = Observation vid tidpunkt t minus tidsfördröjning k

\bar{Y} = Medelvärdet av samtliga observationer

Numeriskt exempel

Antag att för en tidsserie ska autokovariansen bestämmas för tidsförskjutning 1:

Tidsserie: 5, 6, 7, 5, 6, 7, 8, 7, 8, 9

$n = 10$

$$\bar{Y} = 6,8$$

$$\frac{1}{n-k} = \frac{1}{10-1} = \frac{1}{9} \quad (2:9)$$

$$\sum_{t=k+1}^n = \sum_{t=1+1}^{10} = \sum_{t=2}^{10} \quad (2:10)$$

$$\sum_{t=2}^{10} (Y_t - \bar{Y})(Y_{t-k} - \bar{Y}) = (6 - 6,8) \cdot (5 - 6,8) + (7 - 6,8) \cdot (6 - 6,8) + \dots + (9 - 6,8) \cdot (8 - 6,8) = 5,56$$

(2:11)

$$c_k = \frac{1}{n-k} \sum_{t=k+1}^n (Y_t - \bar{Y})(Y_{t-k} - \bar{Y}) = \frac{1}{9} \cdot 5,56 = 0,618 \quad (2:12)$$

Antag att för en tidsserie ska autokovariansen bestämmas för tidsförskjutning 2:

$$\frac{1}{n-k} = \frac{1}{10-2} = \frac{1}{8} \quad (2:13)$$

$$\sum_{t=k+1}^n = \sum_{t=2+1}^{10} = \sum_{t=3}^{10} \quad (2:14)$$

$$\sum_{t=3}^{10} (Y_t - \bar{Y})(Y_{t-k} - \bar{Y}) = (7 - 6,8) \cdot (5 - 6,8) + (5 - 6,8) \cdot (6 - 6,8) + \dots + (9 - 6,8) \cdot (7 - 6,8) = 1,52$$

(2:15)

$$c_k = \frac{1}{n-k} \sum_{t=k+1}^n (Y_t - \bar{Y})(Y_{t-k} - \bar{Y}) = \frac{1}{8} \cdot 1,52 = 0,19 \quad (2:16)$$

Ett autokovariansvärde 0,19 säger inte mycket i sig. 0,19 kan vara lågt eller högt. Det beror på hur mycket variation som tidsserien har. Därför är det lämpligt att mäta autokorrelationen som ställer autokovariansen i förhållande till variationen hos tidsserien.

2.3.3 Autokorrelation

Autokovariansen har en nackdel vid analys. Värdena för autokovarianserna är skalberoende. Därmed har artiklar med stor efterfrågan troligen större autokovarians jämfört med artiklar som har mindre efterfrågan. Detta trots att det kan finnas ett betydligt större variationssamband över tiden för artikeln med den lägre efterfrågan än för artikeln med större efterfrågan. Lösningen är att göra autokovariansen oberoende av skalan. (Makridakis et al, 1998)

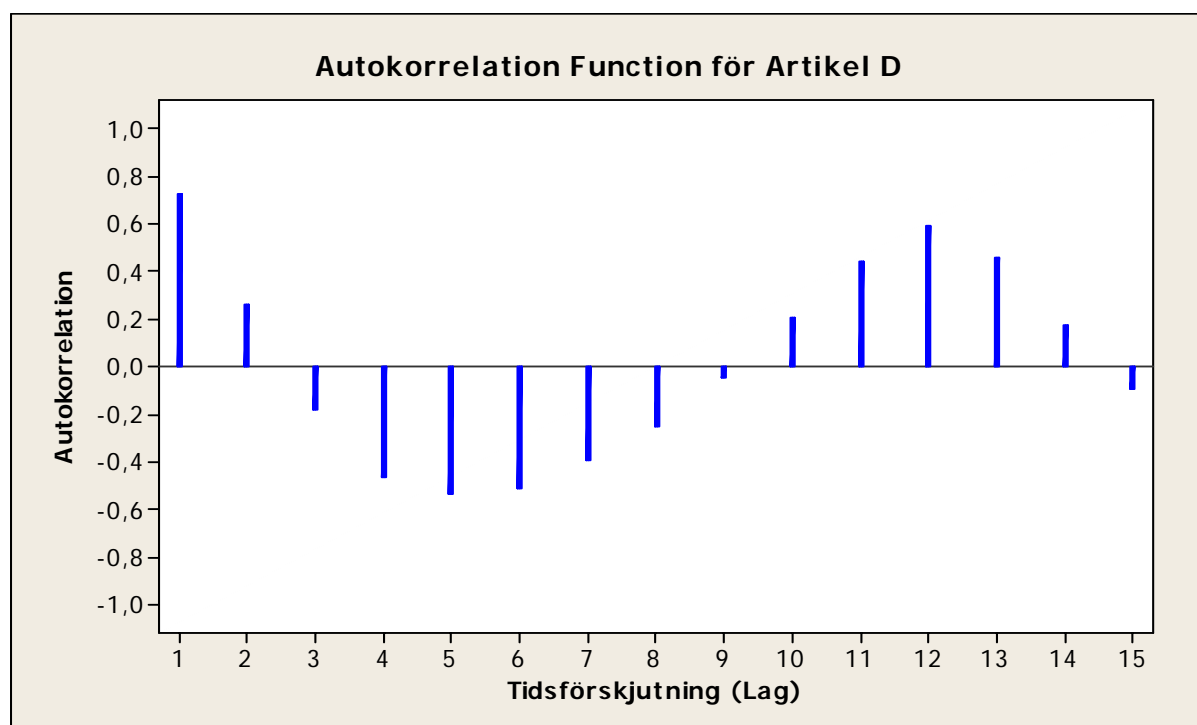
Autokorrelationen är inte beroende av storleken på efterfrågan. En egenskap som gör att det är lämpligare och lättare att arbeta med autokorrelation när jämförelser görs mellan olika

artiklar. Tillvägagångssättet för att beräkna autokorrelationen har stora likheter jämfört med hur beräkningen av autokovarians går till. Medelvärdet för samtliga observationer beräknas. Precis som i fallet med autokovariansen så multipliceras differenserna, februari minus medelvärdet multipliceras med januari minus medelvärdet, som ett första steg för autokorrelation ett. Samtliga multiplikationer summeras. Därefter sker en matematisk operation som gör autokorrelationen oberoende av skalan. Summan av multiplikationerna divideras med kvadraten på differensen för varje observation och medelvärdet. Resultatet blir en kvot som är skaloberoende. Det matematiska skrivsättet återfinns nedan, ekvation (2:17), samt ett numeriskt exempel, ekvation (2:18-20). (Ibid)

$$r_k = \frac{\sum_{t=k+1}^n (Y_t - \bar{Y})(Y_{t-k} - \bar{Y})}{\sum_{t=1}^n (Y_t - \bar{Y})^2} \quad (2:17)$$

r_k = Autokorrelation vid tidsfördröjning k

Värdena för autokorrelation varierar mellan 1 och -1. Värden större än noll har positiv autokorrelation. Det innebär att hög efterfrågan tenderar att följas av hög efterfrågan och låg efterfrågan följs av låg efterfrågan. Ju närmare 1 desto troligare är det att hög efterfrågan följs av hög efterfrågan eller låg efterfrågan följs av låg efterfrågan. Är värdena mindre än noll är tendensen att hög efterfrågan följs av låg efterfrågan och vice versa. Följaktligen kallas det negativ autokorrelation. Efterfrågan blir mer sågtandsliknande Om värden är i närhet av noll saknas troligen autokorrelation. Ju närmare 1 eller -1 desto starkare är autokorrelationen. (Ibid)



Figur 2.4. Sammanställning av autokorrelationen för tidsförskjutning (lag) 1-15. Säsongsmonstret i efterfrågan har ett sinusliknande utseende. Fördelen med diagram är att det är lättare att hitta mönster. Detta är ett exempel på en artikel som kan fungera bra med säsongsindex. Jämför med figur 2.2 för att se hur efterfrågan ser ut för artikel D.

Autokorrelation kan redovisas som enbart siffror, men det är lättare att upptäcka mönster om värdena för de olika förskjutningarna sammanställs i ett diagram, se figur 2.4. Antalet tidsförskjutningar som används är beroende av vad man vill analysera och hur många observationer som finns tillgängliga. Ju fler observationer desto pålitligare värde för autokorrelationen. Om man intresserad av att kontrollera om det finns årsbaserade säsongindex är det lämpligt att välja tidsförskjutningar som sträcker sig längre än samma månad föregående år, längre än tidsförskjutning 12. Om säsongerna inte är perfekta är det troligt att delar av säsongen för 12 återfinns bland autokorrelationen för 11 och 13. Översätts föregående resonemang till månader kommer säsongen för januari 2005 och januari 2004 (tidsförskjutning 12) att delvis återfinnas i december 2003 och/eller i februari 2004. I ovanstående exempel är det autokorrelationen vid lag 6 som är försvagad till förmån för lag 5 som är starkare. I övrigt kan man notera att den första autokorrelationen som är starkast och positiv, är tendensen att höga värden följs av höga och låga följs av låga. Att analysera tidsserier med autokorrelation gäller inte bara efterfrågan. Det kan vara en god idé att genomföra en autokorrelationsanalys av prognosfelen för att kontrollera om prognosmetoden eller de valda säsongindexen har några systematiska fel. (Ibid)

Numeriskt exempel

Antag att för samma tidsserie som för autokovariansen (se 2.3.2 Autokovarians) ska autokorrelationen bestämmas för tidsförskjutning ett:

Täljaren:

$$\sum_{t=k+1}^n (Y_t - \bar{Y})(Y_{t-k} - \bar{Y}) = 5,56 \quad (2:18)$$

(För beräkning se numeriskt exempel, ekvation 2:11)

Nämnaren:

$$\sum_{t=1}^n (Y_t - \bar{Y})^2 = (5 - 6.8)^2 + (6 - 6.8)^2 + \dots + (8 - 6.8)^2 + (9 - 6.8)^2 = 15,6 \quad (2:19)$$

$$r_1 = \frac{5,56}{15,6} = 0,356 \quad (2:20)$$

Ett autokorrelationsvärde på 0,356 kan vara ett tecken på att autokorrelation finns. Det finns en samvariation mellan observationerna. En positiv autokorrelation betyder att ett högt värde följs av ett högt eller att ett lågt värde följs av ett lågt. Ju starkare autokorrelation desto mer sannolikt är det att ett högt värde kommer att följas av ett högt och tvärtom. Montgomery (2005) menar att autokorrelation mellan 0,2 och 0,3 påverkar. 1 är maxvärdet för autokorrelation. Ju fler mätvärden autokorrelationen baseras på desto säkrare är värdet för autokorrelationen. Man kan även säga att observationerna troligen inte är oberoende, helt slumpmässiga, eftersom autokorrelationen är tillräckligt skild ifrån noll.

Autokorrelation vid tidsförskjutning två:

Täljaren:

$$\sum_{t=k+1}^n (Y_t - \bar{Y})(Y_{t-k} - \bar{Y}) = 1,52 \quad (2:21)$$

Nämnaren:

$$\sum_{t=1}^n (Y_t - \bar{Y})^2 = 15,6 \quad (2:22)$$

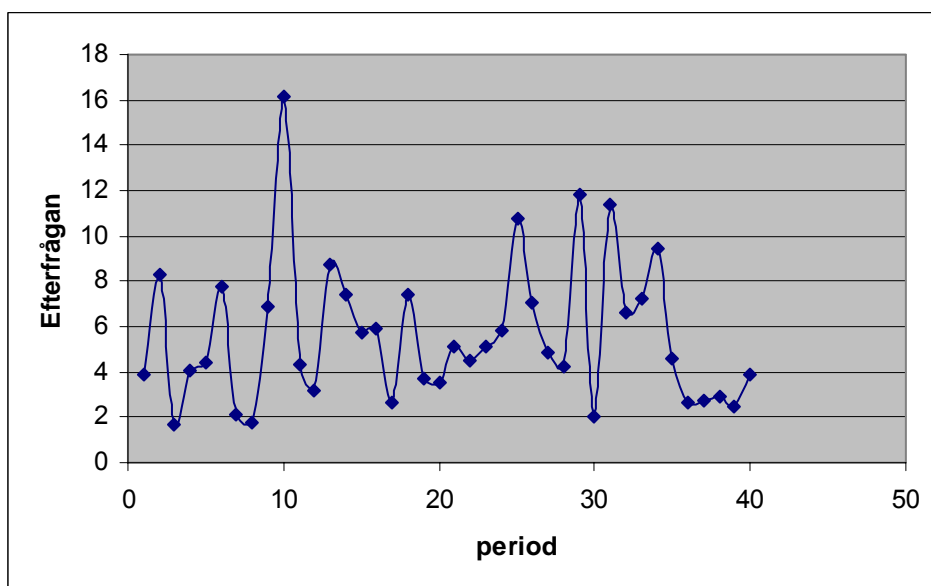
$$r_1 = \frac{1,52}{15,6} = 0,097 \quad (2:23)$$

Autokorrelationen är i detta fall nära noll och det är tveksamt om det finns samvariation mellan observationerna. Det är möjligt att räkna ut den statistiska säkerheten för ett autokorrelations värde, vilket inte görs här. Vid trender brukar autokorrelationen vid tidsförskjutning 2 vara något svagare än för tidsförskjutning 1.

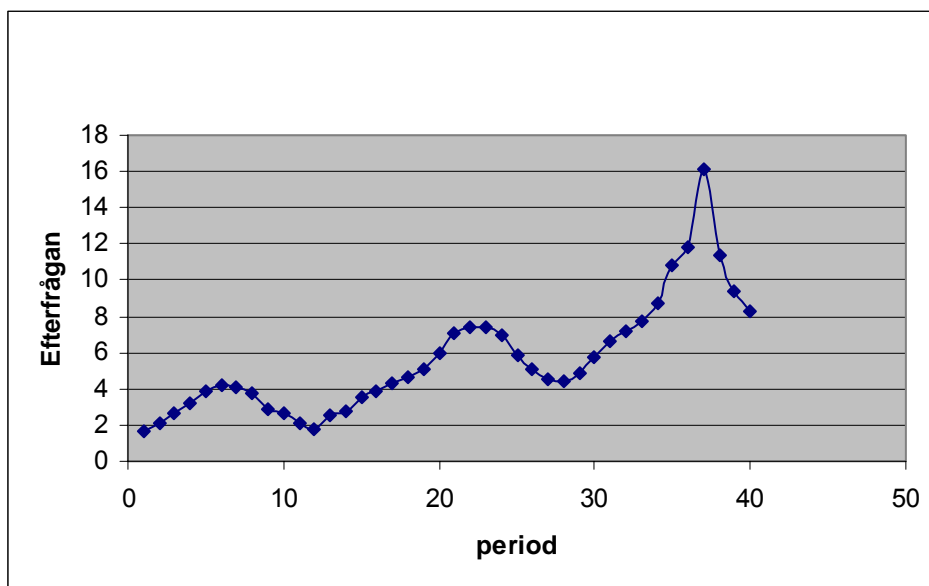
2.3.4 Medelabsolutförändring

CV (se 2.3.1.4 Variationskoefficienten (CV)) är ett mått som används för att utvärdera hur svår en tidsserie kan vara att prognostisera. Ju större värde för CV, desto svårare är tidsserien att prognostisera. En begränsning med CV är att måttet inte tar hänsyn till ordningen. Två olika tidsserier kan ha liknande CV-värde, men är olika ur ett prognosperspektiv. En tidsserie där observationerna saknar mönster blir svårare att prognostisera då historiska värden saknar koppling till kommande värden, vilket de vanligaste prognosmetoderna för tidsserier kräver. (Wallström och Segerstedt, 2006)

För att demonstrera begränsningen med CV skapas en tidsserie med 40 värden genom simulering. Denna tidsserie kallas ursprunglig tidsserie, figur 2.5. Från den ursprungliga tidsserien sorteras värdena i viss ordning för att likna en tidsserie med säsong och trend och benämns därför säsong och trend figur 2.6. Trots de olika mönstren har båda tidsserierna samma CV men är olika i prognoshänseende. Då det finns säsong och/eller trend finns det prognosmetoder som är anpassade till dessa förhållanden, vilket kan ge mindre prognosavvikelser jämfört med att prognostisera den ursprungliga tidsserien. (Ibid)



Figur 2.5. Ursprunglig tidsserie. Observationerna är oberoende. CV=0,56. MACs=0,59.



Figur 2.6. Tidsserie för säsong och trend. Observationerna är beroende. $CV=0,56$. $MACs=0,15$.

En jämförelse mellan den ursprungliga tidsserien (figur 2.5) och tidsserien för säsong och trend (figur 2.6) visar på en avgörande skillnad. Avståndet mellan två intilliggande observationer är i regel större. Ett mått som mäter skillnaden mellan två intilliggande observationer i en tidsserie är olika för de två tidsserierna. För att försäkra sig om att slumpmässiga uppgående och nedgående mönster eller upp- och nedgående trender för en serie inte tar ut varandra mäts absolutbeloppen mellan observationerna. Absolutbelopp innebär att ingen hänsyn tas till tecknet för skillnaden. Alla skillnader blir positiva. Summan av samtliga absolutbelopp divideras med antalet skillnader i serien, medelabsolutförändringen eller MAC (Mean Absolute Change), se ekvation 2:24. Eftersom MAC är skalberoende kan det vara lämpligt att eliminera skalberoendet för att kunna göra jämförelser mellan olika serier. Det görs genom att dividera MAC med medelvärdet för serien, MACs (Mean Absolute Change, scaled), se figur 2:25. (Ibid)

$$MAC = \frac{1}{n-1} \sum_{t=2}^n |Y_t - Y_{t-1}| \quad (2:24)$$

n = Antal observationer

Y_t = Efterfrågan vid tidpunkten t

Y_{t-1} = Efterfrågan vid föregående tidpunkt ($t-1$)

$$MACs = \frac{\frac{1}{n-1} \sum_{t=2}^{n-1} |Y_t - Y_{t-1}|}{\frac{1}{n} \sum_{t=2}^n Y_t} \quad (2:25)$$

$$\text{Medelvärde} = \frac{1}{n} \sum_{t=1}^n Y_t \quad (2:26)$$

Säsong och trend, som tidigare nämnts, kan vara lättare att prognostisera vilket MACs-värdena för de två tidsserierna visar. Ett lägre värde på MACs jämfört med CV är ett tecken på att ett beroende finns mellan observationerna. Om observationerna i tidsserien saknar ett mönster och istället har en slumpmässig ordning, är oberoende, kommer MACs att ha ett värde som ligger nära CV. (Ibid)

Då autokovarians och autokorrelation tar hänsyn till ordningen av observationerna i serien, varför ännu ett mått? Det finns två orsaker till att komplettera med ett nytt mått. Den första orsaken är att MAC har en annan dimension på måttet jämfört med autokovariansen, vilket gör det mer likt CV fast med hänsyn till ordningen. För autokovariansen har summan en kvadratisk dimension (se ekvation 2:8) motsvarande summa för MAC är inte kvadratisk utan har samma dimension som observationerna (jämför med längd som mäts i meter (m) och area som mäts i kvadratmeter (m²)). Den andra orsaken är att autokovarians och autokorrelation baseras på antagandet om en linjär samvariation. Saknas en linjär samvariation kommer varken autokovariansen eller autokorrelationen att ge användbar information. Om exempelvis en tidsserie består av 40 observationer och av dessa observationer har 39 stycken efterfrågevärdet 1 och en har efterfrågevärdet 2, kommer autokorrelationen vara nära noll. Värderna nära noll är annars typiskt för tidsserier som är besvärliga att förutsäga, vilket denna tidsserie inte är. (Ibid)

I ovanstående exempel har MAC och MACs en tidsförskjutning med värde 1. Det är möjligt att beräkna värdena för andra tidsförskjutningar men de är i regel inte lika intressanta (om inte trenden är av intresse) som den första, eftersom denna tidsförskjutning avslöjar mest om möjligheten att prognostisera.

Numeriskt exempel

Tidsserien är densamma som för autokovariansen och autokorrelationen:

Tidsserie: 5, 6, 7, 5, 6, 7, 8, 7, 8, 9

$$n = 10$$

$$\bar{Y} = 6,8$$

Beräkning av MAC:

$$\frac{1}{n-1} = \frac{1}{10-1} = \frac{1}{9} \quad (2:27)$$

$$\sum_{t=2}^n |Y_t - Y_{t-1}| = |6-5| + |7-6| + |5-7| + \dots + |9-8| = 1+1+2+\dots+1 = 10 \quad (2:28)$$

$$\text{MAC} = \frac{1}{n-1} \sum_{t=2}^n |Y_t - Y_{t-1}| = \frac{1}{9} \cdot 10 = \frac{10}{9} \approx 1,11 \quad (2:29)$$

Beräkning av MACs:

$$\frac{1}{n} \sum_{t=2}^n Y_t = \bar{Y} \quad (2:30)$$

$$\text{MACs} = \frac{\frac{1}{n-1} \sum_{t=2}^{n-1} |Y_t - Y_{t-1}|}{\frac{1}{n} \sum_{t=2}^n Y_t} = \frac{\frac{1}{9} \cdot 10}{6,8} \approx 0,163 \quad (2:31)$$

2.4 Prognosmetoder

Metoder som används till att prognostisera efterfrågan består av två huvudgrupper, kvantitativa och kvalitativa metoder. I sammanhanget intar naiv prognos en särställning då det är en prognosmetod som kan räknas tillhöra båda huvudgrupperna. Prognosen innebär att efterfrågan från den senaste perioden blir den nya prognosen, vilket kan vara ett mänskligt övervägande likaväl som automatiskt beslut från prognosprogrammet.

2.4.1 Kvantitativa prognosmetoder

Det förekommer ett otal olika kvantitativa prognosmetoder med varierande komplexitet. Studier har visat att ökad komplexitet inte innebär säkrare prognoser på mikronivå (exempelvis artikelnivå). Till följd av detta faktum finns den ingen anledning att välja metoder som kräver ett komplicerat och tidskrävande förfaringssätt jämfört med de enklare prognosmetoderna. (Silver et al, 1998)

De vanligaste prognosmetoderna av tidserier kan delas in i två klasser: medelvärdesmetoder och metoder som arbetar med exponentiell utjämning. Gemensamt för båda metoderna är att de utjämnar historiska värden och att det utjämnade värdet utgör den nya prognosen. (Andersson et al, 1983)

2.4.1.1 Glidande medelvärde

Metoden använder sig ett medelvärde vars ingående tal förnyas vid varje ny prognos. Det äldsta ingående värdet ersätts med värdet för efterfrågan den senaste perioden. Antalet perioder som medelvärdet baseras på är konstant och är efterfrågan från antalet k senaste perioderna. Lämpligt antal perioder varierar från artikel till artikel och hur följsam prognosen ska vara. Fler mätvärden ger en långsammare förändring av prognosen om medelvärdet förändras, men är stabilare för slumpmässiga variationer. Är det viktigt att prognosen inte påverkas av ett fåtal extremvärden krävs fler perioder. Är det istället av vikt att prognosen reagerar snabbt på en förändring av medelvärdet bör antalet perioder vara mindre. (Makridakis et al, 1998)

Glidande medelvärde är lämplig för att mäta förändringar över tiden. För att fastställa om efterfrågan har förändrats kan medelvärdet användas för att identifiera skillnader. (Segerstedt, 2001)

Glidande medelvärde har två nackdelar. Den kräver att de n senaste observationerna lagras, vilket inte exponentiella metoder kräver. Vidare har metoden problem att hantera trender eller säsonger. Prognoserna tenderar att släpa i förhållande till hur den verkliga efterfrågan ser ut. (Makridakis et al, 1998)

Glidande medelvärde kan ses som en addition av observationer där vikterna för alla termer är lika, se ekvation 2:32. Ingenting hindrar att en annan viktning för termerna väljs. Viktningen

beskriver hur stor påverkan en enskild observation får. En vanlig typ av viktning är att vikterna i ändpunkterna är lägre än övriga värden för att långsamt fasa ut observationer vilket ger en mjukare efterfrågekurva, centrerat glidande medelvärde är ett exempel på denna typ av viktning. Ytterligare en viktning är Hendersons långtidstrend som även har negativa vikter. (Andersson et al, 1983)

$$F_{t+1} = \frac{1}{k} \sum_{i=t-k+1}^t Y_i = \frac{Y_t + Y_{t-1} + \dots + Y_{t-k+1}}{k} \quad (2:32)$$

F_{t+1} = Prognos för period $t + 1$

Y_i = Efterfrågan för period i

k = antal perioder som det glidande medelvärdet består av

Numeriskt exempel

Tidsserie: 200, 135, 195, 197,5, 310, 175, 155, 130, 220

Antag att det glidande medelvärdet består av 5 perioder. Den första perioden som kan prognostiseras är period 6 vilket ger följande prognos:

$$F_6 = \frac{200 + 135 + 195 + 197,5 + 310}{5} = 207,5 \quad (2:33)$$

$$F_6 = \frac{135 + 195 + 197,5 + 310 + 175}{5} = 202,5 \quad (2:34)$$

2.4.1.2 Exponentiell utjämning

Det utmärkande karaktärsdraget för *exponentiell utjämning* är att utjämningen av observationerna är baserad på vägda medelvärden där vikterna avtar geometriskt (exponentiellt) bakåt i tiden, se ekvation 2:35. Till skillnad från glidande medelvärde plockas inga gamla observationer bort. Istället minskar vikten för dessa vid varje ny prognos. Utjämningskonstanten, alfa, reglerar hur snabbt gamla observationer avtar. Ett högre värde på konstanten gör att det viktade medelvärdet bygger mer på de senaste observationerna än de äldre. Utjämningskonstantens värde kan varieras mellan 0 och 1. Lämpliga värden på konstanten anses vanligen vara 0,01-0,3. (Andersson et al, 1983)

Om de minsta prognosfelen uppstår vid högre värden på utjämningskonstanten är det en indikation på att det kan finnas lämpligare, mer sofistikerade metoder för att en trend eller säsong kan förekomma (Krajewski och Ritzman, 2002). Åsikterna kring vad som är ett tillräckligt högt värde för att räknas som indikation går isär. Andersson et al (1983) anser att 0,3 tillräckligt högt. Krajewski och Ritzman (2002) hävdar att gränsvärdet ligger vid 0,5.

$$F_{t+1} = F_t + \alpha(Y_t - F_t) \quad (2:35)$$

F_{t+1} = Prognos för period $t + 1$

Y_t = Efterfrågan för period t

α = Utjämningskonstant

Utjämningskonstanten har samma betydelse för exponentiell utjämning som antalet perioder har för glidande medelvärde när det gäller stabilitet och reaktionsförmåga. Det finns ett samband mellan antal perioder och utjämningskonstanten om förutsättningen är att båda metoderna har samma medelålder för efterfrågedata se ekvation 2:44 och 2:45. (Mattsson och Jonsson, 2003)

Medelålder för efterfrågevärdena (A) för glidande medelvärde:

$$A = \frac{n-1}{2} \quad (2:36)$$

n = Antal medtagna perioder

Medelålder för efterfrågevärdena (A) för exponentiell utjämning:

$$A = \frac{1-\alpha}{\alpha} \quad (2:37)$$

Vilket ger:

$$\frac{n-1}{2} = \frac{1-\alpha}{\alpha} \quad (2:38)$$

$$\alpha(n-1) = 2(1-\alpha) \quad (2:39)$$

$$\alpha(n-1) = 2-2\alpha \quad (2:40)$$

$$\alpha n - \alpha = 2 - 2\alpha \quad (2:41)$$

$$\alpha n + \alpha = 2 \quad (2:42)$$

$$\alpha(n+1) = 2 \quad (2:43)$$

$$\alpha = \frac{2}{n+1} \quad (2:44)$$

$$n = \frac{2}{\alpha} - 1 \quad (2:45)$$

Numeriskt exempel

Tidsserie: 200, 135, 195, 197,5, 310, 175, 155, 130, 220

För startprognos i period 2 görs ett antagande att efterfrågan är densamma som för period 1 = 200.

$$F_2 = 200$$

$$F_3 = F_2 + \alpha(Y_2 - F_2) = 200 + 0,2 \cdot (135 - 200) = 187 \quad (2:46)$$

$$F_4 = F_3 + \alpha(Y_3 - F_3) = 187 + 0,2 \cdot (195 - 187) = 188,6 \quad (2:47)$$

2.4.1.3 Exponentiell utjämning med trend

En efterfrågan som växer eller avtar kan prognostiseras med en större precision med *exponentiell utjämning med trend* än vad exponentiell utjämning kan. Skälet är att metoden gör ytterligare en prognos för trend, därav namnet exponentiell utjämning med trend, se ekvation 2:48-50. *Exponentiell utjämning med trend* kallas även *Holts (linjära) metod* efter Holt som utvecklade metoden. *Dubbel exponentiell utjämning* är också ett namn som förekommer i litteraturen. (Silver et al, 1998)

Trendprognosen har även den en utjämningskonstant, beta, som varierar mellan 0 och 1. Funktionen är liknande för betakonstanten jämfört med alfakonstanten, ett högre värde medför en högre känslighet och ett lägre värde en större stabilitet. Däremot bör man vara mer restriktiv med betavärden då en felaktig trend kan resultera i stor känslighet för slumpmässiga variationer i trenden. (Makridakis et al, 1998)

Om exponentiell utjämning med trend ska användas bör tidsserien påvisa en tydlig trend för att vara användbar. Saknas tydlig trend bör en trendlös metod utnyttjas. (Dekker et al, 2004)

$$L_t = \alpha \cdot Y_t + (1 - \alpha)(L_{t-1} + b_{t-1}) \quad (2:48)$$

$$b_t = \beta(L_t - L_{t-1}) + (1 - \beta)b_{t-1} \quad (2:49)$$

$$F_{t+1} = L_t + b_t \quad (2:50)$$

L_t = Prognos för nivån för serien vid tidpunkt t

Y_t = Efterfrågan för period t

α = Utjämningskonstant för nivå

b_t = Prognos för trenden vid tidpunkt t

β = Utjämningskonstant för trend

F_{t+1} = Prognos för efterfrågan vid tidpunkten $t + 1$

Numeriskt exempel

Startvärden:

$$L_1 = 227,33$$

$$Y_2 = 242$$

$$\alpha = 0,501$$

$$b_1 = 5,31$$

$$\beta = 0,072$$

Prognos för efterfrågan period 3 blir följande:

$$L_2 = \alpha \cdot Y_2 + (1 - \alpha)(L_1 + b_1) = 0,501 \cdot 242 + (1 - 0,501) \cdot (227,33 + 5,31) = 237,33 \quad (2:51)$$

$$b_2 = \beta(L_2 - L_1) + (1 - \beta)b_1 = 0,072 \cdot (237,33 - 227,33) + (1 - 0,072) \cdot 5,31 = 5,64 \quad (2:52)$$

$$F_3 = L_2 + b_2 = 237,33 + 5,64 = 242,97 \quad (2:53)$$

På liknande sätt fås prognosefterfrågan för period 4:

$$L_3 = \alpha \cdot Y_3 + (1 - \alpha)(L_2 + b_2) = 0,501 \cdot 239 + (1 - 0,501) \cdot (237,33 + 5,64) = 240,98 \quad (2:54)$$

$$b_3 = \beta(L_3 - L_2) + (1 - \beta)b_2 = 0,072 \cdot (240,98 - 237,33) + (1 - 0,072) \cdot 5,64 = 5,50 \quad (2:55)$$

$$F_4 = L_3 + b_3 = 240,98 + 5,50 = 246,48 \quad (2:56)$$

2.4.1.4 Exponentiell utjämning med trend och säsong

I många prognossituationer finns det artiklar som uppvisar typiska säsongmönster för efterfrågan. Gräsklippare, skidor och snöskotrar är utpräglade säsongvaror. Antalet säsongindex varierar, men det vanligaste är att använda 12 stycken säsongindex, ett index för varje månad. (Silver et al, 1998)

Om en artikel har ett säsongbetonat efterfrågemönster kommer troligen varken exponentiell utjämning eller exponentiell utjämning med trend att ge tillräckligt bra prognoser. När prognoser med säsong utnyttjas kan rensningen från säsongen göras på två sätt, additiv eller multiplikativ säsongrensning. Den additiva metoden innebär att en period rensas från säsongeffekter genom subtraktion. För den multiplikativa metoden sker rensningen med division. Om säsongvariationen ökar när efterfrågan ökar är den multiplikativa metoden lämplig. I samband med efterfrågeprognoser är det vanligast att använda den multiplikativa metoden. (Makridakis et al, 1998)

Exponentiell utjämning med trend och säsong utvecklades av Winter (1960) och bygger på *Holts metod*. Därför kallas metoden även för *Holt-Winters metod*. *Trippel exponentiell utjämning* är ytterligare en benämning på metoden. Detta namn har sitt ursprung i att metoden har tre olika exponentiella prognoser som i sin tur sammanfattas i en efterfrågeprognos, se ekvation 2:57-60.

$$\text{Nivå:} \quad L_t = \alpha \cdot \frac{Y_t}{S_{t-s}} + (1 - \alpha)(L_{t-1} + b_{t-1}) \quad (2:57)$$

$$\text{Trend:} \quad b_t = \beta(L_t - L_{t-1}) + (1 - \beta)b_{t-1} \quad (2:58)$$

$$\text{Säsong:} \quad S_t = \gamma \cdot \frac{Y_t}{S_{t-s}} + (1 - \gamma)S_{t-s} \quad (2:59)$$

$$\text{Prognos:} \quad F_{t+1} = (L_t + b_t)S_{t-s+1} \quad (2:60)$$

Y_t = Efterfrågan för period t

α = Utjämningskonstant för nivå

S_{t-s} = Säsongindex för period t

s = antal perioder som ingår i en hel säsong

β = Utjämningskonstant för trend

γ = Utjämningskonstant för säsong. Om ingen uppdatering av säsong önskas, sätts konstanten till noll.

F_{t+1} = Prognos för efterfrågan vid tidpunkten $t + 1$

2.4.1.5 Hot-Winter med naiv prognos

Holt-Winter med naiv prognos (HW-naiv) är en viktning av två prognoser; *Holt-Winter* och *Naiv prognos*. Tanken bakom denna konstruktion är att säsongerna inte har samma utseende år från år till år utan att det finns en viss variation. Om vintern normalt börjar i december och en förskjutning sker med en månad är det troligt att det kommer att påverka inköpen av specifika vinterprodukter som skidor. Den slumpmässiga (stokastiska) säsongsvariationen existerar inte i konceptet som vanliga *Holt-Winter (Exponentiell utjämning med trend och säsong)* bygger på. Genom kombinationen av *Holt-Winter* och den naiva prognosen som är efterfrågan den senaste efterfrågan kan slumpmässiga säsonger tas med i prognoserna (se ekvation 2:57, 2:59, 2:61-63). Hur stor andel som ska vara från *Holt-Winter (H-W)* respektive naiv prognos bestäms med hjälp av viktcoeffcienten. Trendprognosen är eliminerad i denna version eftersom trend enbart ska användas när en tydlig trend existerar. (Dekker et al, 2004)

När en prognos sker av säsongindex kommer normeringen att upphöra. Värdet av samtliga säsongindex kommer sannolikt att avvika från 12. Anledningen är att säsongindex prognostiseras enskilt utan hänsyn till summan av samtliga säsongindex. För att summan av säsongindex även i fortsättningen ska vara 12 måste säsongindexen normeras (se 2.2.2 Uppdelning av tidsserier).

$$\text{Nivå:} \quad L_t = \alpha \cdot \frac{Y_t}{S_{t-s}} + (1 - \alpha)(L_{t-1} + b_{t-1}) \quad (2:57)$$

$$\text{Säsong:} \quad S_t = \gamma \cdot \frac{Y_t}{S_{t-s}} + (1 - \gamma)S_{t-s} \quad (2:59)$$

$$\text{H-W:} \quad W_t = L_t \cdot S_{t-s+1} \quad (2:61)$$

$$\text{Naiv:} \quad N_t = Y_t \quad (2:62)$$

$$\text{Prognos:} \quad F_{t+1} = v \cdot W_t + (1 - v)N_t \quad (2:63)$$

v = Vikt för H-W, tal mellan 1 och 0.

2.4.1.6 Adaptiv exponentiell utjämning

För exponentiell utjämning är prognosfele beroende av vilket värde utjämningskonstanten har. *Adaptiv exponentiell utjämning* kan ha fördelar framför exponentiell utjämning då utjämningskonstanten kan förändras automatiskt om efterfrågemönstret ändras. Det är en fördel när prognoserna avser hundratals eller tusentals artiklar eftersom manuella förändringar av utjämningskonstanten inte är nödvändig. En nackdel med den adaptiva metoden är att den kan bli instabil. (Makridakis et al, 1998)

Adaptiv exponentiell utjämning kallas även för ARRSSES (Adaptive-response-rate single exponential smoothing). Ekvationerna har följande utseende:

$$F_{t+1} = F_t + \alpha(Y_t - F_t) \quad (2:64)$$

$$\alpha_{t+1} = \left| \frac{A_t}{M_t} \right| \quad (2:65)$$

$$A_t = \beta \cdot E_t + (1 - \beta) \cdot A_{t-1} \quad (2:66)$$

$$M_t = \beta \cdot |E_t| + (1 - \beta) \cdot M_{t-1} \quad (2:67)$$

$$E_t = Y_t - F_t \quad (2:68)$$

α_{t+1} = Adaptiva utjämningskonstanten

A_t = Utjämnad uppskattning av prognosfelet för period t

M_t = Utjämnad uppskattning av det absoluta prognosfelet för period t

β = Utjämningskonstant för prognosfelen. Ett tal mellan 1 och 0

E_t = Prognosfelet för period t

Y_t = Efterfrågan för period t

F_t = Prognos för period t

Ekvation (2:65) indikerar att utjämningskonstantens värde för period t kommer att användas för period $(t+2)$. Anledningen till fördröjningen är att minska känsligheten för förändring som adaptiv exponentiell utjämning har. Med en fördröjning minskas denna känslighet. Det är möjligt att minska känsligheten genom att låta utjämningskonstanten för prognosfelen (β) anta låga värden. Ytterligare en metod är att begränsa hur stor förändring som den adaptiva utjämningskonstanten får ha mellan två prognosperioder. Anledning till att minska känsligheten är att adaptiva metoderna har visat sig vara instabila i vissa situationer och därmed levererar metoderna dåliga prognoser. (Makridakis et al, 1998)

Numeriskt exempel

Period	E-frågan Y_t	Prognos F_t	E E_t	utjämn. fel A_t	utjämn. abs fel M_t	α_t
4	197,5	188,6	8,9	-5,26	11,38	0,200
5	310	190,4	119,6	19,7	33,0	0,462
6	175	245,7	-70,7	1,6	40,6	0,597
7	155	203,5	-50,4	-9,8	42,3	0,040

Tabell 2.1. Sammanställning av värden för adaptiv exponentiell utjämning. (Makridakis et al)

$$\beta = 0,2$$

Om period 6 ska prognostiseras görs det på följande sätt:

$$\alpha_5 = \left| \frac{A_4}{M_4} \right| = \left| \frac{-5,26}{11,38} \right| = \frac{5,26}{11,38} = 0,462 \quad (2:69)$$

$$F_6 = F_5 + \alpha(Y_5 - F_5) = 190,4 + 0,462 \cdot (310 - 119,6) = 245,66 \quad (2:70)$$

Prognos för period 7:

$$\text{Prognosfel: } E_5 = Y_5 - F_5 = 310 - 190,4 = 119,6 \quad (2:71)$$

De utjämnade prognosfelen blir då:

$$A_5 = \beta \cdot E_5 + (1 - \beta) \cdot A_4 = 0,2 \cdot (119,6) + (1 - 0,2) \cdot (-5,3) = 19,68 \quad (2:72)$$

$$M_5 = \beta \cdot |E_5| + (1 - \beta) \cdot M_4 = 0,2 \cdot |119,6| + (1 - 0,2) \cdot 11,38 = 33,02 \quad (2:73)$$

$$\alpha_6 = \frac{|A_5|}{|M_5|} = \frac{19,68}{33,02} = \frac{19,68}{33,02} = 0,596 \quad (2:74)$$

2.4.2 Kvalitativa prognosmetoder

Kvalitativa prognosmetoder bygger inte i samma utsträckning på historisk och kvantifierbar data som de kvantitativa prognosmetoderna. Kvalitativa metoder är därför lämpliga att bland annat använda vid introduktionen av nya produkter. Metoderna kan även kombineras med kvantitativa metoder. Den kvantitativa metodens prognosförslag bedöms och kan eventuellt modifieras med kvalitativa metoder. (Krajewski och Ritzman, 2002)

De kvalitativa metoderna bygger på erfarenhet och känsla, enligt Segerstedt (2001). Makridakis och Wheelwright (1989) menar att kvalitativa metoderna behöver tre aktiviteter för att fungera. De tre aktiviteterna är: insamlande av relevant information, analys av informationen för att bedöma eventuell påverkan på prognosen och att integrera denna påverkan med aktuella planer och beslut. Vidare menar de att i praktiken är det inte ovanligt att känsla ersätter de tre aktiviteterna. Andra problem som kan uppstå är: undersökningar görs aldrig för att bekräfta om det finns bevis som stödjer en bedömning, övertro till egna bedömningar samt likriktning bland medlemmar när bedömningar sker i grupp.

Krajewski och Ritzman (2002) anser att de fyra mest framgångsrika kvalitativa metoderna är: säljkårsprognoser (sales-force estimates), ledningsbedömning (executive opinion), marknadsundersökningar och Delphi-metoden.

2.4.2.1 Säljkårsprognoser

Säljkårsprognoser är den uppskattning säljarna gör av efterfrågan. Inom organisationen är säljarna de som är närmast kunden vilket kan ge en rad fördelar. Säljarna har troligen de bästa kunskaperna kring vad som kommer att efterfrågas och i vilka volymer. De har en ofta bättre uppfattning kring den lokala efterfrågan som kan utnyttjas exempelvis i lagerstyrnings- och distributionssammanhang. Dessutom kan de lokala efterfrågeprognoserna sammanställas till regionala eller nationella efterfrågeprognoser. Till nackdelarna hör de systematiska fel som kan uppstå och härstammar från individuella säljares mentalitet. En positiv säljare är mer benägen att leverera positiva prognoser jämfört med en mer negativ säljare. Om organisationen mäter säljarens prestation med hjälp av den individuella försäljningen kan säljarna medvetet lämna låga efterfrågeprognoser för att i säljarbetet överträffa prognoserna. Dessutom är det inte säkert att säljarna kan skilja på vad kunderna vill ha och vad de verkligen behöver. (Krajewski och Ritzman, 2002)

2.4.2.2 Ledningsbedömning

Prognoserna görs av en eller flera ledare. Om ledningsbedömningen görs av flera personer ska det resultera i en gemensam prognos. Metoden är lämplig när nya produkter ska introduceras eftersom säljarna saknar erfarenhet kring efterfrågan för de nya produkterna. Prognoser kan

ske okontrollerat om enskilda medlemmar i gruppen tillåts ändra prognosen utan gruppens samtycke. (Krajewski och Ritzman, 2002)

2.4.2.3 Övriga metoder

Marknadsundersökningar är en kombination av kvalitativa och kvantitativa metoder för att systematiskt avgöra kundernas intresse av en vara eller tjänst. Metoden består dels av statistiska tillvägagångssätt såväl som bedömningar. Delphi-metoden är en process där en grupp experter anonymt kommer fram till en gemensam prognos. (Krajewski och Ritzman, 2002)

2.5 Prognosfel

Prognosfel definieras vanligtvis med att det är skillnaden mellan prognos och den faktiska efterfrågan för en period (ekvation 2:75). Denna definition kan verka självklar men de olika måtten som baseras på denna definition ger inte alltid samma entydiga svar kring vilken prognosmetod eller prognosinställning som är optimal. Det är tveksamt om det är möjligt att med ett enda mått för prognosfelet hitta det lämpligaste alternativet. Det är snarare konsekvenserna av prognosfelen som är det primära. (Wallström och Segerstedt, 2006)

$$E_t = Y_t - F_t \quad (2:75)$$

E_t = Prognosfelet för period t

Y_t = Efterfrågan för period t

F_t = Prognos för period t

Silver et al (1998) har urskiljt tre skäl varför det är viktigt kontrollera prognosfelen. Första anledningen är att säkerhetslagret, som ska säkerställa en rimlig servicenivå till kunderna, beror på storleken av prognosfelen. Förändringar av prognosfelen, storleksmässigt eller riktning (positiv eller negativ) kan vara ett tecken på felaktiga prognosparametrar eller felaktig prognosmetod. Det sista skälet är att kvalitativa bedömningar eller subjektiva tillägg till prognoser är möjliga att följa upp.

Prognoser är alltid mer eller mindre felaktiga. Att prognostisera för ekonomiska tillämpningar kan vara svårare än för många fysikaliska fenomen. Antalet slumpvariabler som påverkar utgången är fler vid ekonomiska tillämpningar Makridakis och Wheelwright (1989). Äpplet som föll på Newtons huvud kan beskrivas med samma fysikaliska formler som dagens fallande äpplen. Vid ekonomiska prognoser kan vädet påverka, attityder kan ändras och ny teknik kan ändra efterfrågan. Sammantaget gör det att en prognosmodell för ekonomiska tillämpningar har en begränsad livslängd.

Makridakis och Wheelwright (1989) har identifierat fyra anledningar till prognosfel:

1. *Antalet artiklar.* Ju fler artiklar desto mindre prognosfel eftersom slumpmässiga variationer i efterfrågan jämnas ut. En del artiklar har slumpmässiga ökningarna medan andra artiklar har slumpmässiga minskningar, vilket ger en utjämnningseffekt.
2. *Datahomogenitet.* Är datamaterialet homogent kommer prognosfelen att vara mindre än i fallet, med ett mer icke homogent datamaterial. Om datamaterialet beskriver en begränsad region kan prognosen på ett mindre felaktigt sätt återge säsongsmönster

jämfört med data som baseras på flera regioner. Gräsklipparförsäljningen i Skåne respektive Norrbotten har knappast likadana säsonger.

3. *Efterfrågeelasticiteten*. En större efterfrågeelasticitet (priskänslighet) har till följd att även prognosfelen blir större. Artiklar som anses som nödvändiga av kunder har ofta ett stabilare efterfrågemönster och mindre prognosfel än vad "lyxartiklar" har.
4. *Konkurrens*. En konkurrensutsatt marknad ger större prognosfel då konkurrenter kan använda prognoser som ligger till grund för konkurrensstrategier som påverkar framtida händelser.

2.5.1 MAD

MAD eller *Mean Absolute Deviation* är ett mått som beskriver hur stor spridning som feLEN har. En annan benämning för MAD är MAE, *Mean Absolute Error*. Metoden tar summan av samtliga prognosfel utan hänsyn till om feLEN är positiva eller negativa och bildar ett medelvärde. Anledningen till att bortse från huruvida feLET är positivt eller negativt är att om summeringen görs med tecken finns möjligheten att stora fel tar ut varandra. Om feLEN för en viss artikel har följande utseende; -5, -2, -1, 0, 2, 3, blir summan av feLEN -3. Om samma artikel istället har följande fel; -100, -80, 20, 40, 50, 70, kommer summan att bli 0. Felens storlek döljs av att de har olika tecken och tar därmed ut varandra om inte summeringen görs med absolutbelopp (alla värden blir positiva). MAD har sin styrka i att den är relativt lätt att förstå. (Makridakis et al, 1998)

MAD har två nackdelar. Den första är att teckenresning (alla tal blir positiva) gör det omöjligt att upptäcka systematiska fel, att prognosmetoden nästan uteslutande ger positiva eller negativa fel. Det andra är att MAD i vissa sammanhang är svårt att översätta till statistiska spridningsmått om feLEN inte är normalfördelade. Ursprungligen användes metoden när dataprestanda var begränsad och mer statistiskt korrekta metoder krävde för mycket processorkraft. (Makridakis et al, 1998)

$$MAD = \frac{1}{n} \sum_{t=1}^n |Y_t - F_t| \quad (2:76)$$

E_t = PrognosfeLET för period t

Y_t = Efterfrågan för period t

F_t = Prognos för period t

n = antal prognosperioder

Numeriskt exempel

Följande efterfrågan och prognos har skett för period 2-4:

Period	Efterfrågan	Prognos	Absolut prognosfel
2	135	200	65
3	195	187	8
4	197,5	188,6	8,9

Tabell 2.2 Sammanställning av värden för MAD-exemplet.

MAD beräknas då enligt följande:

$n = \text{antal prognosperioder} = 3$

$$\begin{aligned} \text{MAD} &= \frac{1}{n} \sum_{t=1}^n |Y_t - F_t| = \frac{1}{3} \cdot (|135 - 200| + |195 - 187| + |197,5 - 188,6|) = \\ &= \frac{65 + 8 + 8,9}{3} = 75,96 \approx 76 \end{aligned} \quad (2:77)$$

2.5.2 MSE

Mean Squared Error är medelvärdet av summan för samtliga fel i kvadrat. Det är precis som i fallet med MAD en fråga om ett spridningsmått. MSE kallas även för MSD, *Mean Squared Deviation*. När de enskilda felen kvadreras försvinner informationen kring felets ursprungliga tecken. MSE avslöjar därmed inte några systematiska fel. I och med att en kvadrering görs kommer stora värden att bli mycket större jämfört med MAD. Metoden blir känslig för uteliggare (extremvärden); Extrema värden blir mer extrema. Ett undantag är om felen är mindre än ett. Då kommer kvadreringen att medföra att felen minskar i storlek. Metoden är därför inte lämplig i de fall man kan förvänta sig att felstorleken kommer att vara mindre än ett. En fördel med metoden är att den är närbesläktad med statistiska mått, vilket är anledningen till MSE används vid optimeringar av prognosmetoder. (Makridakis et al, 1998)

$$\text{MSE} = \frac{1}{n} \sum_{t=1}^n (Y_t - F_t)^2 \quad (2:78)$$

Numeriskt exempel

Samma prognosexempel som för MAD med felen som MSE beräknas utifrån:

Period	Efterfrågan	Prognos	Kvadratisk prognosfel
2	135	200	4225
3	195	187	64
4	197,5	188,6	79,21

Tabell 2.3 Sammanställning av värden för MSE-exemplet.

MSE beräknas då enligt följande:

$$\begin{aligned} \text{MAD} &= \frac{1}{n} \sum_{t=1}^n (Y_t - F_t)^2 = \frac{1}{3} \cdot ((135 - 200)^2 + (195 - 187)^2 + (197,5 - 188,6)^2) = \\ &= \frac{4225 + 64 + 79,21}{3} = 1456,07 \approx 1456 \end{aligned} \quad (2:79)$$

2.5.3 CFE

De två tidigare mätmetoderna mäter spridning av felen men inte om felen är systematiska. Genom CFE (*Cumulative Sum of Forecast*) summeras de enskilda felen med sina respektive tecken och om det inte finns ett systematiskt fel ska värdet i det långa loppet vara nära noll. Till skillnad från de tidigare mätmetoderna är felen inte oberoende. Tidigare överprognoser, mer negativt CFE, kommer att neutraliseras av kommande underprognoser och därmed närmar sig CFE noll. Om prognosen konsekvent ligger för lågt eller för högt kommer CFE att

öka eller minska då felet med lika tecken summeras. Vad som är nära noll avgörs från artikel till artikel av prognosmakarna. Ett problem med CFE är att om enbart ett värde på CFE används, är det ett momentant mått till skillnad från MAD och MSE som är en summering av hela prognosperioden. CFE mäter det systematiska felet vid slutperioden och trots att detta värde kan vara nära noll kan det ha förekommit stora systematiska fel som syns i det slutliga CFE-värdet om en utjämning har skett till den sista perioden. (Makridakis et al, 1998)

Då prognoser görs i en föränderlig miljö kommer det att vara mer tillfälligheter som gör att CFE blir noll. Avvikelser från noll är mer regel än undantag. Det viktiga är hur stora avvikelserna är från noll. (Montgomery, 2005)

$$CFE = \sum_{t=1}^n (Y_t - F_t) \quad (2:80)$$

Numeriskt exempel

Period	Efterfrågan	Prognos	Prognosfel
2	135	200	-65
3	195	187	8
4	197,5	188,6	8,9

Tabell 2.4 Sammanställning av värden för CFE-exemplet.

$$CFE = \sum_{t=1}^n (Y_t - F_t) = (135 - 200) + (195 - 187) + (197,5 - 188,6) = -65 + 8 + 8,9 = -48,1 \quad (2:81)$$

2.5.4 MPE

Mean Percentage Error är medelvärdet av det procentuella felet under en prognosperiod. PE (*Percentage Error*) är ett mått på prognosfelet i förhållande till efterfrågan uttryckt i procent. Tecknet vid varje observation finns kvar. Måttet är den skaloberoende versionen av CFE. MPE kan ge en vägledning om prognosmetoden har systematiska fel eller ej. Fördelen med denna är att prognosfelen för olika artiklar, där efterfrågan skiljer sig åt, blir lättare att jämföra. Metoden är inte lämplig om efterfrågan är liten, en eller ett fåtal. En efterfrågan på en artikel och en prognos på två artiklar ger ett procentfel för observationen på 100 procent. Den procentuella avvikelserna för efterfrågan med liten efterfrågan kan bli väldigt hög och därmed kommer inte medelvärdet att vara ett pålitligt mått. (Makridakis et al, 1998)

$$MPE = \frac{1}{n} \sum_{t=1}^n \left(\frac{Y_t - F_t}{Y_t} \cdot 100 \right) \quad (2:82)$$

Numeriskt exempel

Period	Efterfrågan	Prognos	Prognosfel i procent
2	135	200	-48,15
3	195	187	4,10
4	197,5	188,6	4,51

Tabell 2.5 Sammanställning av värden för MPE-exemplet.

$$\begin{aligned} \text{MPE} &= \frac{1}{n} \sum_{t=1}^n \left(\frac{Y_t - F_t}{Y_t} \cdot 100 \right) = \frac{1}{3} \cdot \left(\frac{135 - 200}{135} \cdot 100 + \frac{195 - 187}{195} \cdot 100 + \frac{197,5 - 188,6}{197,5} \cdot 100 \right) = \\ &= \frac{(-48,15 + 4,10 + 4,51)}{3} = -39,54 \end{aligned} \quad (2:83)$$

2.5.5 MAPE

Mean Absolute Percentage Error är liksom som MPE oberoende av skalan. Skillnaden är att MAPE mäter det procentuella medelvärdet av spridningen för prognoserna under en viss tidsperiod. Med denna metod är det möjligt att göra jämförelser mellan olika artiklars prognosfel. Denna metod liksom MAD omvandlar alla prognosfel till positiva prognosfel. Två egenskaper med denna metod bör man ha i åtanke. För det första kan denna metod bli känslig för prognosfel vid låg efterfrågan som i fallet med MPE. Det andra är när efterfrågan är noll eller nära noll då går den procentuella avvikelserna mot oändligheten. (Makridakis et al, 1998)

$$\text{MAPE} = \frac{1}{n} \sum_{t=1}^n \left| \frac{Y_t - F_t}{Y_t} \cdot 100 \right| \quad (2:84)$$

Numeriskt exempel

Period	Efterfrågan	Prognos	Prognosfel i procent
2	135	200	48,15
3	195	187	4,10
4	197,5	188,6	4,51

Tabell 2.6 Sammanställning av värden för MAPE-exemplet.

$$\begin{aligned} \text{MAPE} &= \frac{1}{n} \sum_{t=1}^n \left| \frac{Y_t - F_t}{Y_t} \cdot 100 \right| = \frac{1}{3} \left(\left| \frac{135 - 200}{135} \cdot 100 \right| + \left| \frac{195 - 187}{195} \cdot 100 \right| + \left| \frac{197,5 - 188,6}{197,5} \cdot 100 \right| \right) = \\ &= \frac{(48,15 + 4,10 + 4,51)}{3} = 18,92 \end{aligned} \quad (2:85)$$

2.5.6 Komplementär mått

De komplementära måtten är framtagna för att bättre kunna studera hur olika metoder och parametersättningar beter sig och dess konsekvenser utan någon yttre styrning i exempelvis säkerhetslager, inköpsstopp mm. Är det högsta prioritet att inte binda kapital i lagret bör man då använda en prognosmetod som inte tenderar att bygga lager. Viktigt är att inte bedöma prognosmetoderna från utfallet av en enskild artikel utan ett flertal artiklar med liknande mönster måste ligga till grund för utvärderingen. Annars är det möjligt att de resultat som framkommit är en engångsföreteelse. (Wallström och Segerstedt, 2006)

2.5.6.1 Bristtillfällen

Prognosfelen som uppstår vid de olika prognostillfällena är inte oberoende om man ser till konsekvenserna för verksamheten. Om tillverkning eller inköp görs i enlighet med vad prognosen föreslår, kommer en prognos större än efterfrågan (överprognos) att leda till ett överskott som kan täcka en brist som uppstår vid en prognos lägre än efterfrågan. (Wallström och Segerstedt, 2006)

Bristtillfällen är det antalet perioder som efterfrågan inte kan täckas med den prognostiserade efterfrågan plus eventuellt överskott från tidigare prognoser. Ett värde som är nära noll eller nära antalet prognosperioder, är ett tecken på att prognosmetoden har ett systematiskt fel som kan bero på nuvarande parametrar och/eller själva prognosmetoden. (Ibid)

2.5.6.2 Lagerperioder

För att mäta om prognosmetoden påvisar ett systematiskt fel eller inte används CFE. Ett värde nära noll är en indikation på att prognosmetoden fungerar tillfredställande. När det är möjligt att mäta under hundratals eller tusentals perioder är det troligare att CFE kommer att vara pålitligt. Under kortare serier behöver ett lågt CFE-värde nödvändigtvis inte betyda att prognosmetoden saknar systematiska fel. Ett flertal negativa prognosfel kan balanseras av ett stort, slumpmässigt och positivt prognosfel. Dessutom mäter CFE precis som övriga typer av mått prognosavvikelsen för antalet, inte tidsavvikelsen. (Wallström och Segerstedt, 2006)

Under en serie med prognoser kommer det under vissa perioder uppstå ett överskott när prognosen är större än efterfrågan en viss periodlängd av hela prognosserien. Andra perioder kommer att medföra ett underskott då prognosen är mindre än efterfrågan. Detta överskott eller underskott bildar ett fiktivt lager. Det fiktiva lagret kommer att öka och minska genom prognosserien beroende på om prognoserna är större eller mindre än efterfrågan. Ingen hänsyn tas till eventuella säkerhetslager utan endast det fiktiva lager som prognosmetoden kanske bygger upp. (Ibid)

Måttet för det fiktiva lagret kallas Lagerperioder eller PIS (Periods In Stock). Lagerperioder är summan av lagerperiodstatus för varje prognostillfälle. Där varje lagerperiodstatus kan beräknas på två sätt beroende på när påfyllning av lager och efterfrågan sker. Om periodlängden är tillräckligt kort, exempelvis en dag, kan man anta att efterfrågan och påfyllning sker omedelbart. Är periodlängden längre, till exempel en månad, är det inte lika troligt att all efterfrågan och påfyllning sker vid ett och samma tillfälle. Det är troligare att efterfrågan och påfyllning sker under ett flertal tillfällen under periodens längd. (Ibid)

Om påfyllning och efterfrågan sker omedelbart, så beräknas totalt antal lagerperioder genom att summera lagerperioder för respektive period. Lagerperioder för en period är differensen mellan prognos och efterfrågan för aktuell period plus lagerperiodstatus för föregående prognosperiod. Differensen mellan prognos och efterfrågan är detsamma som prognosfel för aktuell period. Sammantaget gör det att lagerperioder där påfyllning och efterfrågan sker direkt är lika med summan CFE för respektive period. Observera att CFE och lagerperioder inte är samma sak. Det sista enskilda lagerperiodsvärdet är lika med CFE för hela prognosserien men Lagerperioder är en summering av samtliga CFE-värden från hela prognosserien. (Ibid)

$$\text{Lagerperioder (PIS), (omedelbar förändring)} = \sum_{t=1}^n (Y_t - F_t + \text{CFE}_{t-1,t}) = \sum_{t=1}^n \text{CFE}_t \quad (2:86)$$

Om påfyllning och efterfrågan sker successivt beräknas totalt antal lagerperioder även här genom att summera lagerperioder för respektive period. Skillnaden mellan måtten är hur en enskild period beräknas. Differensen mellan efterfrågan och prognos divideras med två för att efterlikna linjär efterfrågehastighet och linjär påfyllningshastighet. Lagerperioder för en

period är den halverade differensen plus CFE från föregående period. (Wallström och Segerstedt, 2006)

$$\text{Lagerperioder (PIS), (successiv förändring)} = \sum_{t=1}^n \left(\frac{Y_t - F_t}{2} + \text{CFE}_{t-1,t} \right) \quad (2:87)$$

Numeriska exempel

Period	Efterfrågan	Prognos	Prognosfel	CFE _t
2	135	200	-65	-65
3	195	187	8	-57
4	197,5	188,6	8,9	-48,1

Tabell 2.7 Sammanställning av värden för PIS-exemplet.

$$\text{CFE}_1 = 0$$

Omedelbar förändring:

$$\text{Lagerperioder (PIS)} = \sum_{t=2}^4 \text{CFE}_t = -65 + (-57) + (-48,1) = -170,1 \quad (2:88)$$

Successiv förändring:

$$\begin{aligned} \text{Lagerperioder (PIS)} &= \sum_{t=2}^4 \left(\frac{Y_t - F_t}{2} + \text{CFE}_{t-1,t} \right) = \\ &= \left(\frac{135 - 200}{2} + 0 \right) + \left(\frac{195 - 187}{2} + (-65) \right) + \left(\frac{197,5 - 188,6}{2} + (-57) \right) = -146,05 \quad (2:89) \end{aligned}$$

2.6 Val av prognosmetod

Olika prognosmetoder har olika styrkor och svagheter som gör att de lämpar sig bättre eller sämre i olika situationer. Den prognosansvarige bör därför analysera vilka egenskaper som är av betydelse i det aktuella fallet och matcha dessa egenskaper mot den lämpliga metoden. Egenskaperna kan delas in i två huvudgrupper: prognossituationer och prognosmetoder. (Makridakis och Wheelwright, 1989)

Egenskaper för prognossituationer

Tidshorisont. Tidsperioden som ett beslut kommer att påverka. Tidshorisonten kan klassificeras i fyra kategorier: omedelbar (mindre än en månad), kort (1-3 månader), medel (3-24 månader) och lång (två år eller mer). Exakta längder är beroende av organisation och situation. Även prognoshorisontens längd är av betydelse. En längre horisont medför med största sannolikhet ett större prognosfel en vad en kortare horisont medför.

Aggregeringsnivå (grupperingsnivå). Enskilda artiklar bildar grupper efter kriterier som bedöms som väsentliga. Exempel på detta är grupper i enlighet med produktenskaper, liknande försäljningskaraktär eller leverantör. Ju längre från artikelnivå desto färre prognoser behövs. Prognoserna kan dessutom använda sig av mer tidskrävande metoder.

Prognosprecisionen är vanligtvis bättre när flera artiklar grupperas. Slumpmässig efterfrågan som kan vara högre eller lägre jämfört med medelefterfrågan tenderar att ta ut varandra vid aggregering.

Antalet artiklar. Resurserna för prognostisering är ändliga och då antalet artiklar är stort måste beslutsregler och prognosmetoder som kan appliceras automatiskt för varje artikel utnyttjas. Prognoser för 100 000 enskilda artiklar kräver helt andra metoder än om ett lands ekonomi ska prognostiseras.

Styrning/planering. Vid styrning handlar det bland annat om att fastställa när en process (efterfrågan) har förändrats i förhållande till bestämda gränser. Helst ska en prognosmetod själv klara av systematiska förändringar. I planeringsfasen antas ofta att ett visst efterfrågemönster (säsonger och dylikt) kommer att bestå.

Stabilitet. Prognoser för en situation där relativt små förändringar äger rum är mycket annorlunda jämfört med en situation där förändringar sker. I den stabila situationen kan prognoserna göras med längre mellanrum och med kvantitativa metoder. Bekräftande kontroller kan genomföras för att kontrollera att allt fungerar tillfredsställande. I fallet med en föränderlig situation kan den senaste informationen ge en bättre vägledning. Här behövs en metod som kan fokusera på den mest aktuella informationen.

Existerande planeringsförfarande. Införande av prognosmetoder eller ett förändrat sätt att arbeta med prognoser innefattar förändringar av organisationen eller arbetsuppgifter. Förändringar möts ofta av motstånd.

Egenskaper för prognosmetoder

Tidshorizont. För individuella prognosmetoder har tidshorizonten två aspekter, prognosperiodens längd och antalet prognosperioder. Generellt är kvalitativa metoder lämpligare om prognosperioden sträcker långt in i framtiden. Kvantitativa metoder är lämpligare för kortare tidsintervaller. Antal prognosperioder in i framtiden som ska prognostiseras är en avgörande faktor. Vissa prognosmetoder fungerar bäst om metoden inte behöver sträcka sig längre än en eller två perioder framåt. Andra metoder kan fungera under betydligt fler perioder. Det är möjligt att kombinera prognosmetoder med olika periodlämplighet.

Efterfrågemönster. De flesta prognosmetoder förutsätter att det finns någon typ av mönster i efterfrågan som gör det möjligt att utnyttja prognoser. Säsongsvariation är ett exempel. Andra exempel är trender, cykler eller slumpmässig efterfrågan. Efterfrågemönstret bör matchas mot en prognosmetod som är lämplig till det aktuella efterfrågemönstret.

Kostnad. Vanligtvis kan kostnaderna för applikationen till prognossystemet härledas till tre faser: utveckling, anpassning av befintlig data och operativa kostnader. Olika prognosmetoder genererar olika kostnader vilket gör metoderna mer eller mindre attraktiva i olika prognossituationer.

Noggrannhet. Olika metoder, prognosperiodens tidslängd, graden av aggregering resulterar i olika prognosprecision. Vissa artiklar kräver större noggrannhet än andra vad gäller konsekvenser för verksamheten.

Användarvänlighet. En generell princip inom management är att enbart de metoderna som förstås kommer att överleva. Beslutsfattare kommer inte att fattas sina beslut med hjälp av metoder som de inte förstår, metoder som är komplicerade att använda eller metoder som är svåra att applicera. Prognosmetoderna måste förutom att vara lämplig för situationen även vara lämplig för de presumtiva användarna.

Tillgång på lämplig programvara. Att använda kvalitativa prognoser är sällan möjligt utan anpassning eller utveckling av programvara. För all programvara är det viktigt att programvaran är lättanvänd, väldokumenterad och ”buggfri”.

2.7 Tester av prognosmetoder

Bara för att en prognosmetod har visat sig vara lämplig för att prognostisera betyder inte att metoden eller parametersättningen är passande till något annat än de använda historiska data. En optimering under sådana förhållanden gör att metoden anpassas till slumpen, vilket är lika illa som att inte upptäcka systematiska mönster. Om en metod eller metodinställningar anpassas till slumpen kallas det overfitting eller överanpassning. För att undvika överanpassning bör materialet delas in i en del för att fastställa startvärden och utjämningskonstanter och en andra del där prognostiseringen sker. Den första delen kan i sin tur delas in i två delar, en del för att bestämma startvärde och en andra del för periodantal eller värde på utjämningskonstanten. Enbart prognosavvikelse från andra delen ska mätas. (Makridakis et al, 1998)

Dekker et al (2004) hade fem års efterfrågan till förfogande. Två år användes till att fastställa startvärde, två år användes för fastställande av utjämningskonstant och det sista året nyttjades för att testa prognosmetoderna.

2.8 Prognosuppföljning

Prognoser kommer, oavsett metod, alltid att generera fel. Ändrade förhållanden som till exempel, trender eller en ny fas i produktens livscykel kan ge orimligt stora prognosfel och framför allt kommer prognosfelen att medföra konsekvenser för verksamheten. En stark positiv trend som prognosmetoden missar, kan ge upphov till en bristsituation och förlorade intäkter. Med automatiserade prognoser finns risken att kontrollen över prognoserna går förlorad. Att manuellt kontrollera samtliga prognoser är uteslutet då antal artiklar som ska prognostiseras växer. Automatiska kontroller som kontrollerar rimligheten i prognostiseringen bör finnas. (Mattsson och Jonsson, 2003)

Efterfrågan kontrolleras genom att ta det aktuella värdet på MAD multiplicerat med en konstant. Konstantens värde väljs vanligen till 4 för att minska risken att man rensar bort värden som borde ingå vilket påverkar prognoserna (tabell 2.9). Med en normalfördelad efterfrågan motsvarar 4 en sannolikhet på 99,8 procent att det värde som rensas bort inte tillhör fördelningen (serien). (Axsäter, 1991)

Om efterfrågan tillhör en annan fördelning än normalfördelningen påverkas tolkningen. Material som i tester påvisas vara annat än normalfördelat har ofta en större sannolikhetsmassa i svansarna, det vill säga flera extrema värden jämfört med en normalfördelning. Det som för en normalfördelning är extrema värden, är värden som kan tillhöra den icke normalfördelade fördelningen. Om materialet inte är normalfördelat kan rensningen att ge ett sämre prognosunderlag. (Montgomery, 2005)

Prognoserna bör även kontrolleras för att se om de saknar systematiska fel, är medelvärdesriktiga, det vill säga att de i det långa loppet inte kommer att vara för höga eller för låga (Axsäter, 1991). En metod för detta är att använda en ”tracking signal” som utgörs av kvoten mellan CFE och MAD enligt Krajewski och Ritzman (2002).

2.8.1 Tracking signal

Syftet med en tracking signal är att upptäcka systematiska förändringar av efterfrågan. Om en förändring äger rum är det sannolikt att det kommer att avspegla sig på prognosfelet som blir större. Spårsignalen (tracking signal) är en kvot mellan CFE (systematiska felet) och MAD (absolutfelet). Kvoterna plottas i kronologisk ordning i ett diagram. Maxvärden för CFE och MAD bestäms individuellt och kvoten ger styrgränserna i diagrammet. Värdena är en avvägning mellan kostnaden för falskalarm och kostnaden för dåliga prognoser. Nackdelen med kvoten är att om enskilda prognosfel är nära noll blir systemet instabilt. Därför är det vanligt att istället använda exponentiell utjämning för täljare och nämnare var för sig. En nackdel är att gränsen för vad som räknas som systematisk förändring påverkas av utjämningskonstanten. Ett vanligt värde på utjämningskonstanten i dessa sammanhang är 0,1. (Makridakis och Wheelwright, 1989)

$$\text{Tracking signal} = \frac{\text{CFE}_t}{\text{MAD}_t} \quad (2:90)$$

Exponentiellt utjämnad signal:

$$E_t = \alpha \cdot e_t + (1 - \alpha) \cdot E_{t-1} \quad (2:91)$$

$$M_t = \alpha \cdot |e_t| + (1 - \alpha) \cdot M_{t-1} \quad (2:92)$$

$$T_t = \left| \frac{E_t}{M_t} \right| \quad (2:93)$$

Sannolikhet systematisk förändring	T_t			
	Oberoende fel $\alpha = 0,1$	Autokorrelerade fel		
		$\alpha = 0,1$	$\alpha = 0,2$	$\alpha = 0,3$
0,80	0,37	0,28	0,40	0,51
0,90	0,47	0,36	0,49	0,61
0,95	0,54	0,42	0,57	0,69
0,96	0,56	0,44	0,59	0,71
0,97	0,59	0,46	0,61	0,73
0,98	0,62	0,50	0,65	0,77
0,99	0,67	0,55	0,69	0,81

Tabell 2.8. Gränsvärden vid olika sannolikheter, olika typer av fel och olika utjämningskonstanter. (Makridakis och Wheelwright, 1989)

Valet av gränsvärde för T_t är en avvägning mellan känslighet för en systematisk förändring av prognosfelen och risken för falskalarm. Vilket i sin tur innebär en avvägning mellan kostnad för dåliga prognoser och kostnaden att kontrollera falskalarm. För praktisk användning rekommenderas 95 procent sannolikhetsnivån, att felet inte är slumpmässiga det vill säga att felet ska vara beroende (en viss autokorrelation). Med en nivå på 95 procent

menas att 95 procent av larmen kommer i det långa loppet bero på att en systematisk förändring har skett. Andelen falskalarm är 5 procent i det långa loppet. Förutsättningarna för att detta ska stämma är att vissa statistiska villkor är uppfyllda. Om utjämningskonstanten är lika med 0,1 blir gränsvärdet 0,42 förutsatt att felen är autokorrelerade, se tabell 2.8. (Ibid)

En annan metod är att exponentiellt utjämna MAD. Om felen är normalfördelade kan styrgränserna beräknas relativt enkelt. (Krajewski och Ritzman, 2002)

Förhållandet mellan standardavvikelse och MAD är följande:

$$\sigma = (\text{MAD}) \cdot \sqrt{\frac{\pi}{2}} \approx 1,25 \cdot (\text{MAD}) \quad (2:94)$$

$$\text{MAD} \approx 0,8 \cdot \sigma \quad (2:95)$$

Om samma sannolikhetsnivå föreligger för att felen inte ska vara systematiska (95 procent) betyder det att ett tracking signal värde som är $\pm 2,5$ MAD eller större kommer att larma, se tabell . (Ibid).

Styrgränser		Andel innanför kontrollgränserna
Antal MAD	Antal σ	
$\pm 1,0$	$\pm 0,80$	0,5762
$\pm 1,5$	$\pm 1,20$	0,7698
$\pm 2,0$	$\pm 1,60$	0,8904
$\pm 2,5$	$\pm 2,00$	0,9544
$\pm 3,0$	$\pm 2,40$	0,9836
$\pm 3,5$	$\pm 2,80$	0,9948
$\pm 4,0$	$\pm 3,20$	0,9986

Tabell 2.9 Sammanställning av styrgränser.

Valet av styrgränser är en avvägning mellan känslighet för en systematisk förändring av prognosfelen och risken för falskalarm. Risken är att felen inte är normalfördelade och då kommer andelen falskalarm att bli mycket högre än de teoretiska 5 procent. Används denna typ av tracking signal kan det vara nödvändigt att göra normalfördelningsanalys av felen. (Montgomery, 2005)

2.9 Bristfälliga prognoser

Anledningen till att prognosfelen blir för stora och därmed leder till bristfälliga prognoser är flera. För att undvika prognosfel bör prognosunderlaget baseras på det man har för avsikt att prognostisera, nämligen kundernas efterfrågan. I praktiken är det omöjligt att mäta kundernas efterfrågan och därför baseras efterfrågan istället på till exempel utleverans- och fakturastatistik, vilket inte är samma sak. Om en lagerbrist har uppstått innebär det att kundernas efterfrågan kan förskjutas och försäljningen blir försenad. I vissa fall kan rykten om leveransproblem få till följd att kunder väljer andra alternativ. I båda dessa fall blir försäljningsstatistiken lägre än efterfrågan. Ett delvis motsatt exempel är då en kampanj genomförs och kunderna tidigarelägger sina inköp och därmed förändras efterfrågan. Försäljningen blir under kampanjen högre än den normala efterfrågan och efter kampanjen blir försäljningen lägre än den normala efterfrågan. (Mattsson och Jonsson, 2003)

Olika avdelningars intressen inom en organisation inverkar på bristerna i prognoser. Försäljningsavdelningen gör medvetet optimistiska prognoser för att säkerställa att tillräckligt

med produktionskapacitet finns. Produktionsansvariga är inte intresserade att ha överkapacitet som leder till låg utnyttjandegrad. Prognoserna från produktion är pessimistiska för att överensstämna med de nyckeltal som styr produktions verksamhet. Prognosprocessen bör därför vara övergripande för att undvika suboptimeringar. (Ibid)

Även orsaker av beteendekaraktär påverkar attityden till prognoser. De upplevda bristerna hos prognoserna härstammar från förväntningarna på prognoserna. En till en början överdriven tilltro på matematiska metoder byts ut mot en skepsis mot prognoser, då det förväntas att metoderna inte ska generera annat än obetydliga fel. (Ibid)

Ytterligare en anledning är att en ond cirkel uppstår inom verksamheten. Den valda prognosmetoden är inte den mest lämpade. Berörd personal börjar tvivla på prognosernas förmåga och börjar därför att göra egna parallella prognoser. De ansvarigas motivation till att prestera bra prognoser reduceras när de inte används som avsett. Prognoserna följs inte upp och förbättras utan prognoskvaliteten fortsätter att försämrans. (Ibid)

2.10 Processer

En process är flera länkade aktiviteter som upprepas i tiden. Dessutom är en process avgränsad; det finns en början och ett slut. Aktiviteter i en process behöver inte vara knutna till en specifik avdelning inom en organisation. Processens mål är att tillfredställa sina kunder med sitt resultat. Med kunder menas såväl interna kunder inom organisationen som externa kunder utanför organisationen. Även effektivt utnyttjande av resurserna är viktigt för att uppnå kundtillfredsställelse. Trots att en process upprepas betyder inte det att varje upprepning görs likadant. En process kan ha alternativa vägar och/eller olika individer som utför processen olika. Sammantaget leder det till att processvariation kan uppstå och därmed blir resultaten av processen olika. I praktiken handlar processer om samverkan mellan individer och deras olika kompetenser som samverkar. (Bergman och Klefsjö, 2001)

Med processfokusering är det viktigare att analysera hur resultaten produceras än att reda ut vem som gör vad. Vid processarbete bör resurserna läggas på ständiga processförbättringar framför tillfälliga åtgärder av kritiska situationer. Därför är det av vikt att inte lägga för stora resurser på tillfälligheter. Kontinuerliga mätningar är viktiga då dessa ligger till grund för förbättringar. Alla avvikelser bär på information kring processen och bör därför analyseras och sammanställas. Informationen kan öka kunskapen för processen och anledningarna bakom processresultatets variation. I förlängningen kan informationen användas för att reducera avvikelserna. (Bergman och Klefsjö, 2001)

2.10.1 Rollbegrepp

Den viktigaste beståndsdel vid processorientering är begreppet roll. Roller beskriver den kompetensen som krävs för att verksamheten ska fungera. Det finns ingen koppling till hur arbetet är organiserat. Rollen är förenad med specifika aktiviteter som utförs bland organisationens processer. Aktiviteten ”att planera” utträttas av rollen ”planerare”. En roll är inte detsamma som en befattning, där en hierarkiskt indelad struktur råder. Rollen ska vara kopplad till ansvar och befogenheter. (Bergman och Klefsjö, 2001)

Tre roller inom processledning är: processägare, processledare och kompetensförsörjare. Processägaren har ansvaret för resurser och det strategiska ledarskapet. Inriktning, ramar och regelverk för processarbetet skapas av denna roll. Processägarskapet ska vara tydligt för att förhindra att processorienteringen blir en intern maktkamp. Processledaren koordinerar och

ansvarar för de operativa besluten. Även om processperspektivet handlar om långsiktighet finns det likaväl behov av omprioriteringar och resursförstärkningar. Processledaren är även ledare för processens förbättringsteam. Kompetensförsörjarens huvudansvar är att nödvändig kompetens finns tillgänglig och i tillräcklig omfattning. (Ibid)

2.10.2 Mognadsmodellen

En utvärderingsmodell för kvalitetsutveckling är mognadsmodellen (*Capability Maturity Model*, CMM) ursprungligen utvecklad för programvaruframtågning. Mognadsmodellen delar in processer i fem stadier:

- *Omogen process*. Om resultatet av processen på denna nivå är tillfredställande beror det mer på en kombination av tur och medarbetarnas kompetens och skicklighet. Processer betraktas mer som enskilda unika projekt. Den organisatoriska inläringen finns inte. Organisatoriskt stöd saknas.
- *Repetierbar process*. Identifieringen av en repeterbar process har inletts. Planering och ledning bygger på tidigare erfarenheter. Det finns en given standard och möjlighet till spårbarhet.
- *Definierad process*. Processen är väldokumenterad med en väldefinierad processledning. Förmågan hos processen bygger på medarbetarnas kunskaper kring väldefinierade processer.
- *Predikterbar process*. Kvantifierbara mål och mätningar med pålitliga mätmetoder är av stor betydelse. Processen övervakas genom mätningar och regelbundna analyser för möjligheter att genomföra förbättringar. Orsaker till oönskad variation är möjlig att eliminera genom identifiering.
- *Optimerad process*. Processförbättringarna är kontinuerliga och utgör en naturlig del av arbetet.

Den stegvisa uppbyggnaden gör det möjligt att identifiera förbättringar på varje nivå. Enligt modellen bör man arbeta med det förbättringsarbete som är kopplat till den faktiska nivån. Att arbeta med förbättringar en nivå över den faktiska nivån resulterar inte i processförbättringar. (Bergman och Klefsjö, 2001)

3 Metod

I detta kapitel beskrivs den vetenskapliga ansats som gjorts i examensarbetet. Valda datainsamlingsmetoder presenteras samt nyttjad primär- och sekundärdata. Metodproblem diskuteras. En statistisk analysmetod, diskriminantanalys, introduceras. Kapitlet avslutas med en beskrivning av tillvägagångssättet för projektet.

3.1 Kvantitativ och kvalitativ forskning

Kvantitativa forskningsmetoder är lämpliga när datamaterialet kan kvantifieras, anser Eriksson och Wiedersheim-Paul (2001). Detta innebär att det är möjligt att applicera statistiska metoder och analyser på datamaterialet för att hitta mönster och/eller samband. Enlig Patel och Davidsson (2003) är kvalitativ forskning när datainsamlingen görs av icke kvantifierbart material som till exempel intervjuer. Vidare anser de att forskning kan ha både kvalitativa och kvantitativa inslag. Även Lekvall och Wahlbin (2001) menar att undersökningar sällan är renodlat kvalitativa eller kvantitativa, men då det gäller tolkning och analys på högre nivåer är undersökningarna alltid kvalitativa.

Examensarbetet är ett resultat av kvalitativa och kvantitativa metoder. De kvalitativa beståndsdelarna är intervjuer, analyser och slutsatser. De kvantitativa beståndsdelarna återfinns framför allt i prognossimuleringen.

3.2 Vetenskapliga metoder

Deskription är en metod som innebär att det som ska studeras beskrivs grundligt. Kraven på utvalda fakta är att de ska vara korrekta och relevanta. Därför är det nödvändigt med ständiga urval. Insamlad fakta måste kategoriseras och sorteras innan det är möjligt att använda fakta för att påvisa någonting. Deskription är användbar vid allmänna frågeställningar där avsikten är att skapa en översikt. (Ejvegård 2003)

Fallstudien är en lämplig metod om problemformuleringen inte är fastställd menar Ejvegård (2003). Syftet med fallstudien handlar i detta skede mer om förståelse än förklarande innan en problemformulering sker. En fallstudie har många variabler hos objektet, vilket kan jämföras med den statistiska analysen där objekten är många men variablerna är få (Ibid). Vid preciserandet av undersökningsuppgiften kan ett mindre antal fallstudier ligga till grund för att bestämma lämpliga faktorer och samband i den fortsatta undersökningen. (Lekvall och Wahlbin, 2001)

Survey-ansatsen karakteriseras av att det finns en målgrupp som det är önskvärt att dra slutsatser kring. Begränsningar i tid och/eller ekonomi gör det nödvändigt att endast undersöka delar av populationen, vilket kallas urval eller stickprov. (Lekvall och Wahlbin, 2001)

Simulering är en metod som kan beskrivas som en variant av experiment. För att simulering ska vara möjligt måste simuleringsmodellen vara tillräckligt detaljerad för att modellen ska kunna efterlikna det som ska simuleras. (Lekvall och Wahlbin, 2001)

Nulägesbeskrivningen genomfördes med metoden deskription. Fallstudien användes i samband med utvecklingen av prognosmodellen för att avgöra lämpliga mått. Survey-

metoden har legat till grund för att kunna dra slutsatser kring olika artiklars behov av prognosmetod. Simulering är utnyttjad för att efterlikna Ahlsells prognossystem

3.3 Datainsamling

I ett forskningsprojekt finns det två typer av data; primär- och sekundärdata. Med primärdata menas data som har samlats in enbart för forskningsprojektet. Sekundär data är redan tidigare insamlad data för ett annat syfte. (Eriksson och Wiedersheim-Paul, 2001)

3.3.1 Primärdata

Olika metoder för insamling av primärdata är; intervjuer, enkäter och observation. Intervjuer indelas efter vilken struktur de har. För strukturerad intervju är frågor och ordningsföljd på frågorna fastställda på förhand. Ostrukturerade intervjuer liknar mer ett samtal och är en lämplig metod när forskaren initialt inte har tillräckligt stora kunskaper för att kunna ställa relevanta frågor. Mellan de två ytterligheterna, strukturerad och ostrukturerad intervju, finns intervjuer mer varierande grad av struktur beroende på syftet. (Merriam, 1994)

Initialt användes strukturerad intervju där den intervjuade hade fått frågorna i förväg. Orsaken till detta förfaringssätt var att teoretiska kunskaper kring typiska problem i samband med prognosarbete fanns efter litteraturstudier. De följande intervjuerna var delvis strukturerade.

3.3.2 Sekundärdata

Sekundärlitteratur är enligt Hartman (2004) data som har samlats in av andra. Sekundärkällor användes i litteraturstudier för att öka kunskapen i de ämnen som berörde examensarbetet. Litteratursökningen har ägt rum vid Luleå tekniska universitetets bibliotek och dess sökdbaser Lucia, Emerald och Ebsco Host samt ScienceDirects databas. Exempel på använda sökord är; forecasting, forecast errors, inventory control, seasonality. Fortsatta litteratursökningar gjordes även på författarnas namn.

Andra sekundärdata som användes var leveransstatistik från Ahlsells affärssystem, statistiken låg till grund för prognoserna. Yin (2003) anser att arkivdata kan bidra till forskningen men att riktigheten i materialet bör granskas. Försäljningsstatistiken har inte granskats då syfte och mål med examensarbetet inte påverkas av om all statistik är korrekt eller inte. Examensarbetet handlar om att möjliggöra en förbättring av prognoserna. Detta görs genom att visa på en metodik för att för att arbeta med prognoser framför att utvärdera enskilda artiklar. Ytterligare en anledning till att inte granska försäljningsstatistiken är den tidsmässiga begränsningen.

3.4 Metodproblem

I samband med att undersökning görs påverkar den använda tekniken reliabilitet och validitet. Mått, parametrar, mätinstrument, test och undersökningsmetoder är inte lämpliga och användbara om inte kraven på reliabilitet och validitet uppfylls. Forskningsresultaten saknar därmed vetenskapligt värde. (Ejvegård 2003)

3.4.1 Validitet

Bland annat Lekvall och Wahlbin (2001) menar att validitet är att det som avses att mätas verkligen mäts. Problemet med validiteten är att det är svårt att avgöra huruvida en metod har god validitet. Det kräver att det finns en metod som ger "sanna" resultat, vilket gör att det inte finns någon anledning till att välja någon annan metod än den "sanna" metoden. För att bedöma olika metoders validitet vid kvantitativ forskning används grunder som är mer eller

mindre subjektiva. Man skiljer på fem olika validitetsbegrepp beroende på hur bedömningen görs.

- **Direkt upplevd validitet.** Bedömning görs av utomstående som är väl insatt i problematiken i det aktuella ämnet. Om dessa personer anser att metoden är rimlig är det troligt att metoden är valid.
- **Begreppsvaliditet.** Om mätresultatet stämmer överens med en teori eller inte. Bristande överensstämmelse kan bero på bristande validitet hos mätmetoderna likaväl som brister i teorin.
- **Prediktiv validitet.** Förmågan hos en undersökning att kunna användas på ett annat undersökningsmaterial än det ursprungliga för att kunna dra slutsatser.
- **Samtidig validitet.** Om det i samband med mätningen är möjligt att konstatera att mätresultatet indikerar det som är avsikten med undersökningen. I princip samma sak som prediktiv validitet, med undantag av tidsavståndet mellan mätning och utfall som är kortare för samtidig validitet.
- **Innehållsvaliditet.** Avser hur väl undersökningen täcker det som avses med undersökningen. Bedömningen av innehållsvaliditet är subjektiv och har likheter med direkt upplevd validitet.

3.4.2 Reliabilitet

Reliabilitet är tillförlitlighet och användbarhet av de mätningar som gjorts och avser mätmetoder och måttenheter enligt Ejvegård (2003). Reliabilitet är en fråga om i vilken utsträckning resultaten är möjliga att upprepa (Merian, 1994). Lekvall och Wahlbin (2001) påpekar att en generell anledning till låg reliabilitet orsakas av att mätmetoden inte är tillräckligt noggrant definierad. Vidare ger de exempel på lämpliga metoder för att undersöka reliabiliteten:

- **Test-retest-metoden.** Upprepade mätningar görs på samma individer. Metoden kräver att mätningen har hög reliabilitet.
- **Parallella test.** Två likvärdiga instrument mäter samma individer vid två olika tillfällen.
- **Split-half-metoden.** Mätinstrumentet konstrueras så att det i efterhand är möjligt att dela upp i två likvärdiga delar.

Om samma resultat uppnås inom en enskild metod är reliabiliteten god.

3.4.3 Upplösning

Hur små skillnader en mätskala kan urskilja, en mätmetods upplösning, står i relation till reliabiliteten. En hög upplösning gör det möjligt att urskilja små förändringar och därmed ökar slumpens inflytande på mätningarna, vilket minskar reliabiliteten. En lägre upplösning ökar reliabiliteten då slumpinflytande minskar på bekostnad av mätresultatens användbarhet. Ett uttalande som "Alla skolbarn är drygt en meter långa" har låg upplösning och är tämligen ointressant trots den höga reliabiliteten. (Lekvall och Wahlbin, 2001)

3.5 Diskriminantanalys

Vid tolkning av insamlat material kan en del problem uppstå: mängden av observationer och mått kan vara svåröverskådliga, vissa av måtten kan delvis innehålla samma information som gör vissa vanliga statistiska metoder som regressionsanalys omöjlig att använda. I sådana situationer kan det vara lämpligt att använda multivariata analysmetoder. (Johnson, 1998)

Diskriminantanalys är en multivariat analysmetod som används vid klassificering, till exempel bör säsongindex användas eller inte för en viss artikel. Diskriminant är ursprungligen latin och betyder avskilja. Metoden bygger bland annat på att respektive variabel (mått) har normalfördelade mätvärden. Genom att använda en metod som kallas korsvalidering minskas risken för överanpassning av analyserat material.(Ibid)

3.6 Tillvägagångssätt

Litteraturstudierna bestod av tre steg. I det första steget repeterades kurslitteraturen från tidigare lästa logistikkurser. I nästa steg utökades studierna till prognoser i allmänhet. Förutom litteratur, studerades även OH-material från olika prognoskurser vid olika universitet. Syftet med att studera OH-materialet var att få en helhetsbild av området. Det tredje och avslutande steget bestod av att smalna av litteraturstudierna till vetenskapliga artiklar som berörde problemområdet, vilket skedde efter en nulägesanalys.

Påverkande faktorer för prognossäkerheten identifierades och analyserades utifrån litteraturstudier och intervjuer med Hans Norelius, materialförsörjningschef på Ahlsell. Även mognadsmodellen och processteorier används vid det kvalitativa arbetet.

De kvantitativa studierna genomfördes på dels 7 utvalda artiklar (artikel A-G) och 24 slumpmässigt utvalda (artikel 1-24). Utvalda artiklar skulle uppfylla ett av tre kriterier. De tre kriterierna utgjordes av; artiklar med kampanj, artiklar med stor efterfrågevariation och hög försäljning samt artiklar med liten efterfrågevariation och hög försäljning. Att enbart göra ett slumpmässigt urval garanterade inte att någon av artiklarna skulle matcha kriterierna enligt 80-20-regeln. En tolkning av regeln är att 20 procent av artiklarna står för 80 procent av försäljningsvolymen. Kriterierna valdes för att undersöka deras eventuella påverkan på prognoser såväl som prognosdata. Artiklarna granskades i Minitab (ett statistikprogram) främst för att studera autokorrelationen. De komplementerade måtten (se 2.5.6 Komplementerade mått) studerades i Excel.

En försöksserie med exponentiell utjämning med trend genomfördes på samtliga artiklar både med och utan säsongindex. Trendens startvärde var medelvärdet av trenden och trendens utjämningskonstant var 0,05.

Fyra prognosmetoder undersöktes och utvärderades; Exponentiell utjämning (nuvarande prognosmetod), glidande medelvärde, HW-naiv och adaptiv exponentiell utjämning. Naiv prognos användes som en lägsta referenspunkt. Metoderna kördes i en Excel-baserad modell som konstruerades på så sätt att modellen skulle efterlikna Ahlsells prognossystem. Olika värden för utjämningskonstanter respektive perioder prövades, se tabell 3.1.

Prognosmetod	Säsongindex	Utjämningskonstant	Perioder
Exponentiell utjämning	Med och utan	0,05; 0,1; 0,2; 0,3	
Glidande medelvärde	Med och utan		5, 9, 13
HW-naiv	Med	0,05; 0,1; 0,2; 0,3	
Adaptiv exp. utjämning	Med och utan	0,2 (startvärde)	
Naiv	Utan		

Tabell 3.1. Sammanställning av prognosmetoder och tillhörande parametrar.

Utjämningskonstanterna valdes eftersom det var vanliga värden i litteraturen. Antal perioder utgick ifrån 9 som motsvarar en utjämningskonstant lika med 0,2, se ekvation 4:44. Syntetos och Boylan (2006) har konstaterat att 13 perioder är standardvärde i en del affärssystem. För att få samma avstånd till den kortaste periodlängden valdes 5 perioder.

Leveransstatistiken från januari 2003 till december 2005 utgjorde efterfrågedata. Av de 36 perioderna (månaderna) användes medelvärdet för 2003 som startvärde för prognoserna för 2004 och 2005. De 24 perioderna utgjorde underlaget för prognosutvärderingen. En fördel vid utvärdering är om tillgänglig data kan delas in i tre delar enligt Makridakis et al (1998). Den första delen används för startvärde, den andra för att hitta lämpligaste värde för utjämningskonstant eller antal perioder och den sista delen för utvärdering. Detta tillvägagångssätt minskar risken för överanpassning, det vill säga att valda parametrar är optimerade för de testade prognosperioderna och inte alls lika bra för andra perioder. När materialet är begränsat till tre år blir slumpens inflytande för stort om materialet delas in i tre delar. Med ett år till förfogande kan även den cykliska komponenten och tillfälliga trender i efterfrågan påverka parametersättningen i högre grad än vad fallet är om mer data är tillgängligt.

För adaptiv exponentiell utjämning var startvärdet för utjämningskonstanten 0,2. Detta värde hölls konstant under de tre första perioderna för en stabil start eftersom den adaptiva metoden i vissa lägen kan bli instabil.

HW-naivs prognos bestod till 85 procent av HW och till 15 procent av föregående månads utfall utan säsongrensning. Det är möjligt att förändra andelen naiv prognos för en ökad prognossäkerhet, men knappast troligt att denna möjlighet kommer att utnyttjas fullt ut med tanke på det stora antalet artiklar. Med en nivå på 15 procent för den naiva prognosen tillåts slumpen en viss påverkan. Utjämningskonstanten för säsongindex sattes till 0,4 för att en förändring av säsongindexet skulle hinna ske till den andra halvan av prognosserien.

4 Nulägesbeskrivning

I detta kapitel beskrivs hur arbetet med prognoser ser ut idag på Ahlsell. Även en beskrivning av det använda prognossystemet görs.

4.1 Prognosarbetet i organisationen

Varje inköpare ansvarar för prognoserna för de artiklar som respektive inköpare köper in. Inom organisationen finns för närvarande inte en huvudansvarig för prognostiseringen. Styrningen av artiklarna sker efter försäljningsvolym och inte variation. En artikel med stor försäljning har ett större säkerhetslager än en artikel med en lägre försäljning. Efterfrågevariationerna beaktas inte i dagsläget.

Prognosuppdateringen för butikerna och centrallagret sker varje månad, då uppdateras beställningspunkterna för artiklarna. För centrallagret görs ytterligare en prognosuppdatering under månaden. Inköparen kan välja att följa förslagen som baseras på prognoserna att modifiera dessa. Ingen systematisk dokumentation finns över i vilken utsträckning förändringar görs.

Efter prognosuppdateringen har inköparen tillgång till en lista som består av de artiklar som har det största prognosfelet. Prognosavvikelser större än 20 procent registreras. Listan är gemensam för alla inköpare. Det är upp till den enskilda inköparen att åtgärda prognoser med stora prognosfel. Omstart av prognosen med nytt startvärde rekommenderas i manualen till prognosystemet. Ingen organiserad dokumentation över korrigerade prognoser, tidpunkt för felet samt vidtagen åtgärd görs.

För artiklar som köps in från leverantörer med fasta leveransdagar görs inköpsförslagen varje vecka. Förutom månadsuppdateringen sker ytterligare en uppdatering i mitten av månaden. Detta för att korrigera inköpsanmodan för de artiklar som har en ledtid längre än prognosperioden (en månad). Med en ledtid längre än en månad kommer leddiden att ligga under minst två olika säsongsex.

4.2 Prognosmetoder i affärssystemet

Ahlsell har under 2006 börjat ersätta sitt gamla system, Ahlert, med ett nytt, Vivaldi. I april 2006 hade hälften av butikerna Vivaldi och i slutet av maj 2006 kommer centrallagret att börja använda sig av Vivaldi. Det nya systemet har fler alternativ för prognoser jämfört med det gamla, bland annat glidande medelvärde och adaptiva prognoser. Följande beskrivning avser Ahlert.

Efterfrågan baseras på det antal som kunderna, inklusive Ahlsells egna butiker, har beställt under en månad. Den senaste månadens efterfrågan rensas från antal specifika arbetsdagar och säsongsex. Det rensade efterfrågevärdet utgör efterfrågevärdet för prognosen. Det finns möjlighet att sätta gränser för vad som anses vara rimliga efterfrågevärden.

Rensningen av antal specifika arbetsdagar till antal arbetsdagar som en medelmånad har, görs på följande sätt:

$$\text{Efterfrågan uttryckt i medelmånad} = \frac{\text{antal arbetsdagar i en medelmånad}}{\text{antal arbetsdagar i aktuell månad}}$$

Antalet säsongindex är ungefär 10 stycken. Verktyg och Maskiner har fem säsongindex och av totalt 36 000 artiklar använder 34 500 samma index. För El används ungefär lika många index. Av 24 800 artiklar har 20 150 samma index, 101. För VVS-artiklarna har 1 000 stycken index 101 och 24 800 artiklar har index 10030. Totalt finns det 25 800 artiklar.

Prognosmetoden är exponentiell utjämning och utjämningskonstanten är 0,2 för samtliga produkter. Möjlighet att förändra värdet på utjämningskonstanten finns, men den utnyttjas inte. Prognosen kan startas om manuellt om det anses nödvändigt, till exempel vid stora prognosfel. Vid manuell omstart ändras medelvärdet.

Prognoserna för samtliga artiklar sker under den första helgen efter månadsskifte. Alla körningar görs under helger eftersom antalet artiklar är många och delar av programmen är prestandakrävande. Tiden mellan två vardagar är inte tillräcklig för att hinna beräkna samtliga artiklar.

5 Analys och Resultat

I detta kapitel inleds med resultaten och analys av olika prognosmetoder. Även säsongsindex och startvärden utvärderas. Därefter avhandlas analysen av nulägesbeskrivningen.

5.1 Rangordning av prognosmetoder

Metoderna rangordnades efter hur stora fel respektive prognosmetod hade. Tre mått för spridningsfel användes; MAD, MSE och MAPE dessutom kontrollerades CFE och PIS för eventuella systematiska fel. För att klassas som en bättre metod än övriga aktuella metoder var alla tre spridningsmåten tvungna att vara bättre än konkurrerande metoder. Om ingen metod var bättre delade metoderna rangordningsplats. För varje metod valdes det periodantal (glidande medelvärde) eller det värdet på utjämningskonstanten (övriga) där MAD MSE och MAPE var minst. Om minsta värdet inte enbart fanns hos en variant av prognosmetoden utvärderades de varianter med de minsta värdena mot övriga valda varianter från de övriga metoderna. CFE och PIS utvärderades inte på samma sätt eftersom ett värde nära noll för CFE inte är detsamma som avsaknad av systematiskt fel. CFE ställdes i relation till standardavvikelsen för prognosfelen och medelförbrukning. PIS användes för att kontrollera om värdet för CFE kunde anses vara representativt för prognosserien.

Index	Exponentiell utjämning				Naiv
	0,05	0,1	0,2	0,3	
Utjämningskonstant					
MAD	5897,1	6003,5	6211,0	6443,1	7708,5
MSE	52048984	52591910	55981175	61437257	104255782
CFE	222,5	411,8	-2969,5	-6071,1	2921,8
CFE/uttag	10,6	19,6	-141,4	-289,1	139,1
CFE max	2230,3	2230,3	3933,5	6112,6	23371,8
CFE min	-34089,4	-33143,6	-31249,1	-29363,4	-23325,9
lagerbristperioder	3590	3651	6889	8755	67979
lagerperioder	-314674	-269763	-229086	-212129	-68804
Σ PIS (omedelbar)	-311084	-266112	-222197	-203374	-826
Σ PIS (succesiv)	-311195	-266318	-220712	-200338	635
MPE	-0,04	0,00	-0,31	-0,65	-2,05
MAPE	11,62	11,85	12,29	12,74	15,64
Bristtillfällen	3	3	3	3	9
Bristtillfällen (i procent)	14,29	14,29	14,29	14,29	42,86
<i>Statistiska mått</i>					
σ E	7392,7	7431,1	7665,5	8026,3	10461,8
Medel E	10,6	19,6	-141,4	-289,1	139,1
Median E	1877,7	2011,0	2046,8	1929,7	700,0
Max E	jul-04	apr-05	maj-05	maj-05	jun-05

Tabell 5.1. Exempel på hur översikten över prognosfelen ser ut för artikel F och exponentiell utjämning vid prognosseriens slut. Notera att CFE är positiv för de två lägsta värdena på utjämningskonstanten och negativa för de högre värdena. Undersöks PIS och CFE_{min} och CFE_{max} tyder det på att det inte är någon större skillnad mellan utjämningskonstanterna. Till absolutbeloppet är CFE_{min} större än CFE_{max} . PIS har samma tecken som vilket i förlängningen indikerar att prognosmetoden har tenderat till att överskatta den verkliga efterfrågan under prognosserien.

Två typer av poängsättning utnyttjades. Typ 1 (se tabell 5.2) innebar att första platsen gav en poäng, andra platsen två poäng, tredje platsen tre poäng och så vidare, oavsett hur många som delade respektive plats. Den generellt bästa metoden har då den lägsta poängsumman. En metod som var sämre än den naiva metoden fick 10 poäng. Typ två (se tabell 5.2) hade likadan poängsättning, men om flera prognosmetoder delade samma plats blev det ett glapp i poängsättningen. Om tre metoder delade första platsen fick samtliga en poäng, nästa placering var fyra eftersom tre platser redan var fördelade. Anledningen till att räkna på två olika sätt var att undersöka om rangordningsmetoden påverkade resultatet.

Metod	index	Typ 1	Typ 2	1:a placeringar
HW-naiv	Ja	55	61	14
Exponentiell utjämning	Ja	86	100	8
Glidande medelvärde	Ja	99	112	5
Adaptiv exp. utjämning	Ja	101	127	9
Exponentiell utjämning	Nej	114	134	3
Glidande medelvärde	Nej	117	134	4
Adaptiv exp. utjämning	Nej	131	161	4

Tabell 5.2. Poängsammanställning enligt för de prognosmetoderna.

Om enbart förstaplaceringar räknas och ingen hänsyn tas till övriga placeringar, blev resultatet annorlunda. Varje förstaplats var lika med en poäng. För en viss artikel kunde flera prognosmetoder dela första platsen, se tabell 5.2.

Oavsett rangordningsmetod var HW-naiv bäst. Rangordning enligt typ 1 och typ 2 är en indikation på hur väl en metod fungerar även om den inte är den mest lämpade metoden. En jämförelse mellan rangordning och första placeringar för adaptiv exponentiell utjämning skilde sig åt. Undersöks metoderna med säsongindex blev den adaptiva metoden näst bäst vad gäller förstaplats och sämst vid en generell bedömning. Den adaptiva metoden är mer av en ”antingen-eller-metod”. Antingen var den väl anpassad till prognossituationen för en viss artikel eller olämplig jämfört med de andra metoderna. Samma situation gäller för den adaptiva metoden utan säsongindex. Den nu använda metoden exponentiell utjämning var bättre på att inte vara fel snarare än att vara helt rätt, vilket visade sig i en andraplats vid rangordning och en tredjeplats vid antal förstaplaceringar.

Att metoderna utan säsongindex fick sämre placeringsresultat berodde på att antalet artiklar som var bättre med säsongindex än utan var fler. 5 artiklar fick bättre prognoser utan säsongindex. För enbart exponentiell utjämning var 7 artiklar bättre utan index än med.

5.2 Sammanställning av prognosmetoder

De artiklar som varje prognosmetod var bäst respektive sämst på sammanställdes i två tabeller för varje metod. Därefter studerades om de bästa och sämsta artiklarna stämde överens med teorin kring variation (CV) och autokorrelation. Avvikelser från teorin undersöktes och kommenterades. Lag 1 betyder autokorrelationen vid den första tidsförskjutningen. Sammanställningen av de artiklar som olika metoder hade problem med, gäller för den bästa parametersättningen för respektive metod och artikel. Kolumnen ”Trend” beskriver hur försäljningskurvan som rensats med centrerat glidande medelvärde ser ut. Här innefattar ordet trend även cykliska mönster.

5.2.1 Exponentiell utjämning

Exponentiell utjämning fungerar bäst när efterfrågan saknar trend och variationen är måttlig. För autokorrelationen (lag 1) betyder det att den är positiv och inte större än cirka 0,4. Värdet större än 0,4 kan vara ett tecken på att en trend finns i datamaterialet. Höga värden följs av höga värden och låga värden följs av låga. En inspektion över värdena som säsongrensats med centrerat glidande medelvärde är mer avslöjande och korrekt än ett autokorrelationsvärde. Ett diagram över autokorrelationen säger mer än enskilda värden. Kvoten mellan CV och MACs ligger kring 1 vilket även det är ett tecken på ett svagt beroende mellan observationerna. CV är med ett undantag under 0,7 vilket får anses som måttlig, se tabell 5.3-6.

Orsakerna till att exponentiell utjämning inte fungerar bra är två; problem med säsongindex och trender i efterfrågan. Att säsongindex inte fungerar eller behövs, är inte specifikt för exponentiell utjämning, utan ett allmänt problem. Om en trend eller cykel finns i efterfrågemönstret finns det bättre metoder att använda än exponentiell utjämning.

Exponentiell utjämning med säsongindex								
	Plats	Konstant	trend	lag 1	CV	MACs	MACs/CV	Kommentar
Artikel 1	1	0,05	s ned, upp	0,25	0,32	0,28	0,87	Även GM-ind.
Artikel 3	1	0,05	svagt upp	0,2	0,37	0,44	1,18	
Artikel 6	1	0,3	s ned, upp	0,21	0,53	0,54	1,02	
Artikel 9	1	0,2	upp	0,25	0,19	0,16	0,85	Minst dålig Minst dålig
Artikel 16	1	0,05-0,1	svagt stabil	-0,15	0,61	0,72	1,19	
Artikel 17	1	0,05	svagt stabil	0,1	1,17	1,01	0,86	
Artikel 22	1	0,3	ned, s upp	0,2	0,61	0,56	0,91	
Artikel 23	1	0,05	svagt stabil	0,18	0,42	0,44	1,04	

Tabell 5.3. Artiklar där exponentiell utjämning med säsongindex fungerade bäst. För artikel 3 är glidande medelvärde med index lika bra. Förkortningen "s" betyder svagt. "Även GM-index" står för att glidande medelvärde med index presterar lika bra.

Exponentiell utjämning utan säsongindex								
	Plats	Konstant	trend	lag 1	CV	MACs	MACs/CV	Kommentar
Artikel 4	1	0,1	ned, upp	0,4	0,24	0,21	0,91	GM-utan
Artikel 13	1	0,2	ned, upp	-0,15	0,62	0,73	1,18	Startvärde
Artikel 14	1	0,3	s ned, s upp	0,2	0,57	0,56	0,99	GM-utan

Tabell 5.4. Artiklar där exponentiell utjämning utan säsongindex fungerade bäst. Artikel 4 och 14 prognostiseras lika bra av glidande medelvärde utan säsongindex. Med ett bättre startvärde är glidande medelvärde en bättre metod.

Exponentiell utjämning med säsongindex								
	Plats	Konstant	trend	lag 1	CV	MACs	MACs/CV	Kommentar
Artikel 4	10	0,05	ned, upp	0,4	0,30	0,22	0,74	Trend
Artikel 19	10	0,05-0,3	ned, s upp	0,55	0,59	0,52	0,88	Trend
Artikel 10	4	0,3	s ned, upp	0,22	0,58	0,54	0,92	Trend
Artikel 11	4	0,05	s upp	0,12	0,27	0,27	1,00	Trend
Artikel 12	4	0,2	s ned upp ned	0,1	0,71	0,74	1,04	Indexproblem
Artikel 13	4	0,2	ned, upp	-0,15	0,69	0,74	1,07	Indexproblem
Artikel 14	4	0,2-0,3	s ned, s upp	0,2	0,58	0,52	0,91	Indexproblem

Tabell 5.5. Artiklar där exponentiell utjämning med säsongindex fungerade sämst. Anledningarna är två; trend eller säsongindex.

Exponentiell utjämning utan säsongindex								
	Plats	Konstant	trend	lag 1	CV	MACs	MACs/CV	Kommentar
Artikel 19	10		ned, s upp	0,55	0,75	0,50	0,67	Trend o index
Artikel 7	6	0,1	upp	0,4	0,37	0,35	0,93	Trend o index
Artikel 17	6	0,05	svagt stabil	0,35	1,19	0,91	0,77	Index

Tabell 5.6 Artiklar där exponentiell utjämning utan säsongindex fungerade sämst. Trend och avsaknad av säsongindex är anledningarna.

5.2.2 Glidande medelvärde

Glidande medelvärde fungerar bäst med svaga autokorrelationer i förhållande till de exponentiella metoderna. Metoden är inte lika beroende av positiva korrelationer som exponentiell utjämning. Kvoten mellan MACs och CV är 0,9 eller större. Metoden får problem när en trend finns som i fallet med artikel 19. Säsongindex eller bristen på bra säsongindex är generella problem, se tabell 5.7-10

Glidande medelvärde med säsongindex								
	Plats	Perioder	trend	lag 1	CV	MACs	MACs/CV	Kommentar
Artikel 3	1	13	svagt upp	0,2	0,37	0,44	1,18	Även adaptiv
Artikel 6	1	5	s ned, upp	0,21	0,53	0,54	1,02	
Artikel 11	1	13	s upp	0,12	0,27	0,27	1,00	
Artikel 15	1	13	svagt ned	-0,13	0,40	0,51	1,27	
Artikel 20	1	13	s upp, s ned	-0,1	0,62	0,72	1,16	

Tabell 5.7. Artiklar där glidande medelvärde med säsongindex fungerade bäst. Artikel 6 kan prognostiseras lika bra med adaptiv exponentiell utjämning.

Glidande medelvärde utan säsongindex								
	Plats	Period	trend	lag 1	CV	MACs	MACs/CV	Kommentar
Artikel 2	1	13	stabil	0	0,64	0,68	1,07	Exp utan
Artikel 4	1	5	ned, upp	0,4	0,24	0,21	0,91	
Artikel 12	1	9	s ned upp ned	0,1	0,64	0,70	1,08	
Artikel 14	1	13	s ned, s upp	0,2	0,57	0,56	0,99	

Tabell 5.8. Artiklar där glidande medelvärde utan säsongindex fungerade bäst. Artikel 4 kan prognostiseras lika bra med exponentiell utjämning utan säsongindex.

Glidande medelvärde med säsongindex								
	Plats	Perioder	Perioder	lag 1	CV	MACs	MACs/CV	Kommentar
Artikel 4	10	13	ned, upp	0,4	0,30	0,22	0,74	indexproblem
Artikel 19	10		ned, s upp	0,55	0,59	0,52	0,88	
Artikel 12	5	13	s ned upp ned	0,1	0,71	0,74	1,04	indexproblem
Artikel 17	5	13	svagt stabil	0,1	1,17	1,01	0,86	

Tabell 5.9. Artiklar där glidande medelvärde med säsongindex fungerade sämst. Artikel 17 är en problemartikel som inte kan prognostiseras bra av någon metod.

Glidande medelvärde utan säsongindex								
	Plats	Period	trend	lag 1	CV	MACs	MACs/CV	Kommentar
Artikel 19	10		ned, s upp	0,55	0,75	0,50	0,67	Index, trend
Artikel D	7	13	stabil	0,75	0,57	0,33	0,58	Index
Artikel E	6	13	svagt ned	0,4	0,76	0,54	0,71	Index
Artikel G	6	13	s ned, s upp	0,3	0,18	0,16	0,84	Index
Artikel 8	6	13	svagt ned	0,35	0,35	0,32	0,90	Index
Artikel 17	6	13	svagt stabil	0,35	1,19	0,91	0,77	

Tabell 5.10. Artiklar där glidande medelvärde utan säsongindex fungerade sämst.

5.2.3 HW-naiv

HW-naiv är lämplig att använda där exponentiell utjämning är lämplig och där autokorrelationen är positiv samt att CV är under 0,7. Då prognosmetoden består av en viss andel av den naiva prognosen blir HW-naiv bättre och mer användbar än exponentiell utjämning. För att kontrollera om den naiva delen eller modifieringen av säsongindex stod för förbättringen, plockades den naiva delen bort. Om värdena för HW var identiska med exponentiell utjämning tillskrevs förbättringen till det naiva inslaget i prognoserna. Om inte, tillskrevs förbättringen det förändrade indexet. Det bör noteras att av de 14 förstaplaceringarna berodde 9 på enbart den naiva delen och en förstaplacering berodde i huvudsak på indexet.

HW-naiv var aldrig olämplig till någon artikel. Typ 1 rangordningen var tredjeplatser de sämsta placeringarna och fjärdeplatser för Typ 2 rangordning. Olämpliga efterfrågemönster för HW-naiv har liknande karaktär som för exponentiell utjämning; negativ autokorrelation, trend eller hög MACs/CV. Största problemen beror på felaktiga index som metoden trots allt klarar någorlunda bra.

HW-naiv								
	Plats	Konstant	trend	lag 1	CV	MACs	MACs/CV	Anledning
Artikel B	1	0,05-0,3	stabil, upp	0,2	0,31	0,27	0,88	naiv
Artikel C	1	0,05	ned	0,4	0,33	0,23	0,69	naiv
Artikel D	1	0,05 o 0,3	stabil	0,47	0,32	0,21	0,65	naiv
Artikel F	1	0,05	ned, upp	0,4	0,16	0,16	0,98	naiv
Artikel G	1	0,05	s ned, s upp	0,3	0,17	0,15	0,88	naiv
Artikel 5	1	0,3	ned, upp	0,25	0,43	0,36	0,83	naiv
Artikel 6	1	0,2	s ned, upp	0,21	0,53	0,54	1,02	index förbätt.
Artikel 8	1	0,05	svagt ned	0,35	0,29	0,28	0,98	naiv
Artikel 9	1	0,2	upp	0,25	0,19	0,16	0,85	naiv
Artikel 14	1	0,2-0,3	s ned, s upp	0,2	0,58	0,52	0,91	mest naiv
Artikel 18	1	0,05	svagt upp	0,2	0,42	0,47	1,12	naiv
Artikel 20	1	0,05	s upp, s ned	-0,1	0,62	0,72	1,16	index förbätt.
Artikel 21	1	0,05	eg stabil	0,12	2,01	0,97	0,48	index förbätt.
Artikel 22	1	0,3	ned, s upp	0,2	0,61	0,56	0,91	index förbätt.

Tabell 5.11. Artiklar där HW-naiv fungerade bäst. Kolumnen "Anledning" beskriver varför prognosmetoden är bättre än exponentiell utjämning, om det beror på det naiva inslaget i prognosen eller förändrade indexet.

HW-naiv								
	Plats	Konstant	trend	lag 1	CV	MACs	MACs/CV	Kommentar
Artikel 2	3	0,1	stabil	0	0,72	0,79	1,09	Index
Artikel 4	3	0,05	ned, upp	0,4	0,30	0,22	0,74	Index
Artikel 7	3	0,2	upp	0,4	0,30	0,25	0,83	trend
Artikel 10	3	0,05	s ned, upp	0,22	0,58	0,54	0,92	Index
Artikel 12	3	0,1	s ned upp ned	0,1	0,71	0,74	1,04	Index
Artikel 13	3	0,3	ned, upp	-0,15	0,69	0,74	1,07	Index
Artikel 15	3	0,05	svagt ned	-0,13	0,40	0,51	1,27	

Tabell 5.12. Artiklar där HW-naiv fungerade sämst.

5.2.4 Adaptiv exponentiell utjämning

Adaptiv exponentiell utjämning är mest lämpad till artiklar som uppvisar någon form av trend eller har ett cyklist efterfrågemönster. Autokorrelation bör vara positiv och högre än cirka 0,3. MACs/CV bör vara under 0,9. Den grafiska granskningen av efterfrågan kan avslöja mer för att avgöra om den adaptiva metoden är lämplig. Anledningen är att trend eller cykliska mönster syns i grafen. För de undersökta artiklarna var det högsta värdet för CV 0,74. Vid högre värden än cirka 0,7 finns det risk för instabilitet hos metoden då den försöker kompensera för slumpmässiga förändringar i efterfrågan, se tabell 5.13-16.

De minst lämpliga artiklarna var de som hade låg eller negativ autokorrelation. En stabil efterfrågan utan trend gjorde att andra metoder var lämpligare. Liksom för övriga metoder var bristen på ett bra säsongindex en påverkande faktor.

Adaptiv exponentiell utjämning utan säsongindex							
	Plats	trend	lag 1	CV	MACs	MACs/CV	Kommentar
Artikel 12	1	s ned upp ned	0,1	0,64	0,70	1,08	GM-utan
Artikel 10	1	s ned, upp	0,4	0,51	0,45	0,87	
Artikel 14	1	s ned, s upp	0,2	0,57	0,56	0,99	GM-utan
Artikel B	1	stabil, upp	0,2	0,30	0,29	0,98	

Tabell 5.13. Artiklar där Adaptiv exponentiell utjämning med säsongindex fungerade bäst. Artikel 2 och 14 var lika bra med glidande medelvärde utan index.

Adaptiv exponentiell utjämning med säsongindex							
	Plats	trend	lag 1	CV	MACs	MACs/CV	Kommentar
Artikel A	1	upp, ner	0,35	0,74	0,57	0,76	startvärde
Artikel C	1	ned	0,4	0,33	0,23	0,69	
Artikel E	1	svagt ned	0,4	0,68	0,48	0,71	
Artikel 2	1	stabil	0	0,72	0,79	1,09	
Artikel 5	1	ned, upp	0,25	0,43	0,36	0,83	
Artikel 6	1	s ned, upp	0,21	0,53	0,54	1,02	
Artikel 7	1	upp	0,4	0,30	0,25	0,83	
Artikel 19	1	ned, s upp	0,55	0,59	0,52	0,88	
Artikel 24	1	upp	0,8	0,61	0,27	0,45	

Tabell 5.14. Artiklar där Adaptiv exponentiell utjämning med säsongindex fungerade bäst. Artikel 2 hade ett startvärde som avvek stort från prognosseriens medelvärde vilket påverkade utgången av prognosserien.

Adaptiv exponentiell utjämning med säsongindex							
	Plats	trend	lag 1	CV	MACs	MACs/CV	Kommentar
Artikel 4	10	ned, upp	0,4	0,30	0,22	0,74	Index
Artikel 11	6	s upp	0,12	0,27	0,27	1,00	
Artikel 12	6	s ned upp ned	0,1	0,71	0,74	1,04	Index
Artikel 21	6	eg stabil	0,12	2,01	0,97	0,48	Index
Artikel 10	5	s ned, upp	0,22	0,58	0,54	0,92	
Artikel 13	5	ned, upp	-0,15	0,69	0,74	1,07	index
Artikel 16	5	svagt stabil	-0,15	0,61	0,72	1,19	
Artikel 18	5	svagt ned	0,2	0,42	0,47	1,12	

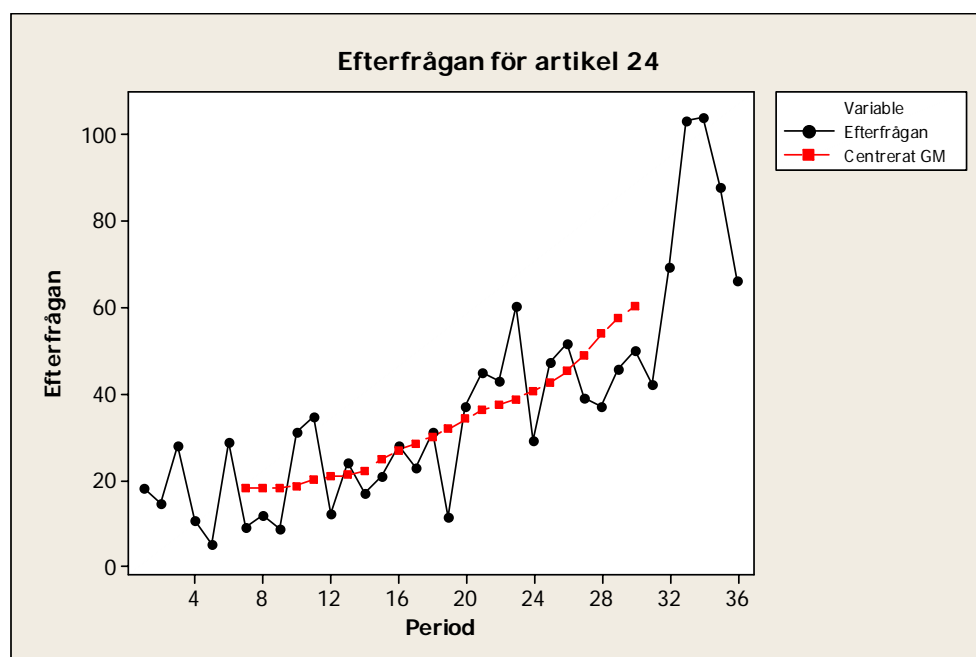
Tabell 5.15. Artiklar där Adaptiv exponentiell utjämning med säsongindex fungerade sämst.

Adaptiv exponentiell utjämning utan säsongindex							
	Plats	trend	lag 1	CV	MACs	MACs/CV	Kommentar
Artikel 19	10	ned, s upp	0,55	0,75	0,50	0,67	Index
Artikel 21	10	eg stabil	0,4	2,20	1,04	0,47	Index
Artikel 7	7	upp	0,4	0,37	0,35	0,93	Index
Artikel 8	7	svagt ned	0,35	0,35	0,32	0,90	Index

Tabell 5.16. Artiklar där Adaptiv exponentiell utjämning utan säsongindex fungerade sämst.

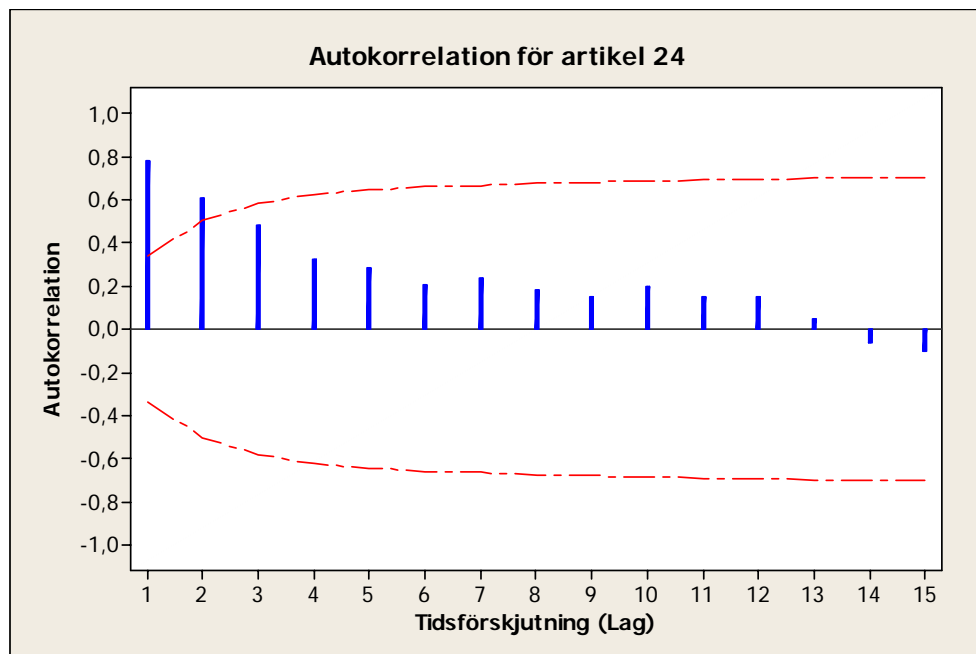
5.2.5 Exponentiell utjämning med trend

Försöksserien med exponentiell utjämning med trend föll inte väl ut i de flesta fall. För att metoden ska fungera tillfredställande bör tidsserien som ska prognostiseras uppvisa en tydlig trend enligt Dekker et al (2004). Artikel 24 var den artikel där exponentiell utjämning med trend var entydigt bäst i förhållande till vanlig exponentiell utjämning enligt de kriterier som användes vid rangordningen. Artikel 7 är ett exempel på en artikel som var bättre med vanlig exponentiell utjämning. Trots att artikeln har en positiv trend är den inte lika entydigt positiv som för artikel 24, se figur 5.1 och 5.3. Studeras autokorrelationsmönstret för de två artiklarna upptäcks en stor skillnad. Artikel 24 har ett tydligt autokorrelationsmönster med successivt fallande autokorrelationer medan mönstret för artikel 7 är av en mer slumpmässig karaktär, se figur 5.2 och 5.4.



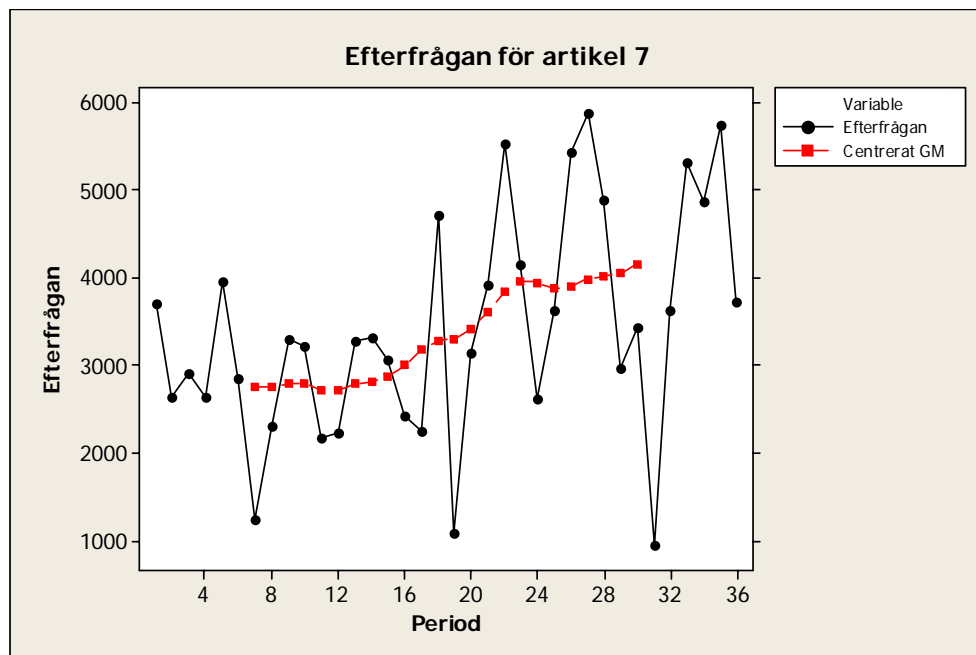
Figur 5.1. Efterfrågan för artikel 24.

Att hitta lämpliga värden för exponentiell utjämning med trend visade sig vara tidskrävande. Värden för utjämningskonstanten som var 0,1 eller större gjorde att prognosmetoden ”överreagerade” och resultatet blev systematiska fel. Därför användes 0,05 som värde till utjämningskonstanten, vilket gör trendprognosen mindre känslig för slumpmässiga förändringar. Nackdelen är att det tar längre tid för trendprognosen att anpassa sig till den nya trenden, vilket även gäller för ett mindre lämpligt värde för den ingående trenden.

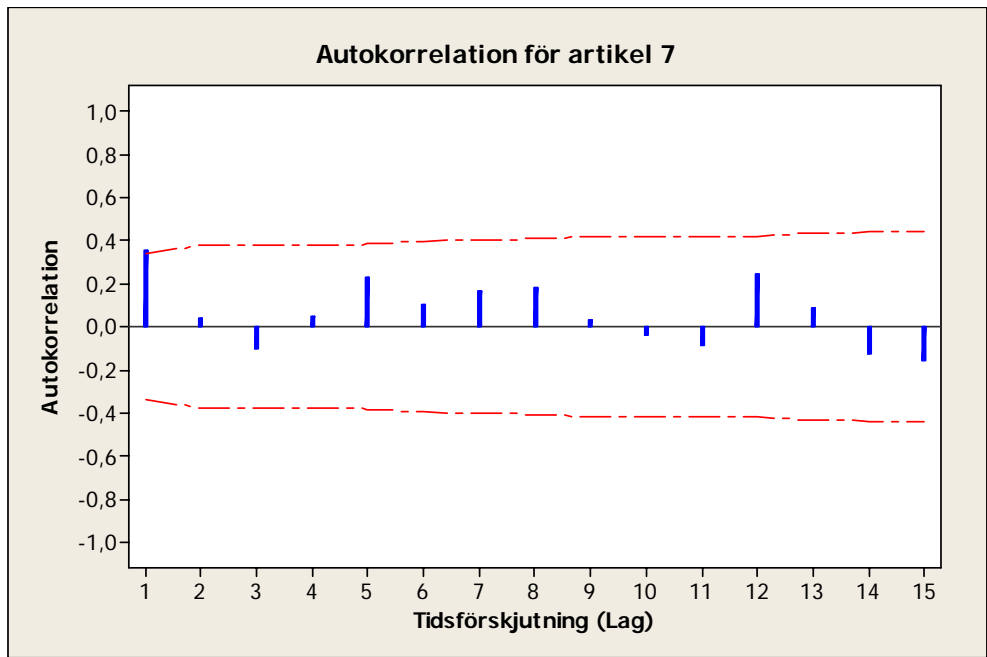


Figur 5.2. Autokorrelation för artikel 24. Autokorrelationen har ett tydligt fallande mönster.

Problemet med trend är att för många artiklar är trenden mer cyklisk än ren trend. En positiv trend kan ersättas med en negativ och vice versa. Andra artiklar har ett mönster som påminner om en sinuskurva. Detta gör att prognoser med trend kräver en noggrann justering för att fungera om inte efterfrågemönstret har tillräckligt renodlad trend. De kraftiga säsongsvariationerna påverkar möjligheten till användande av trendprognos när säsongindex inte lyckas rensa bort säsongen helt. Frågan är om den justering och troligen mer kontinuerligt underhåll av metoden ger några fördelar jämfört med den enklare exponentiell utjämning?



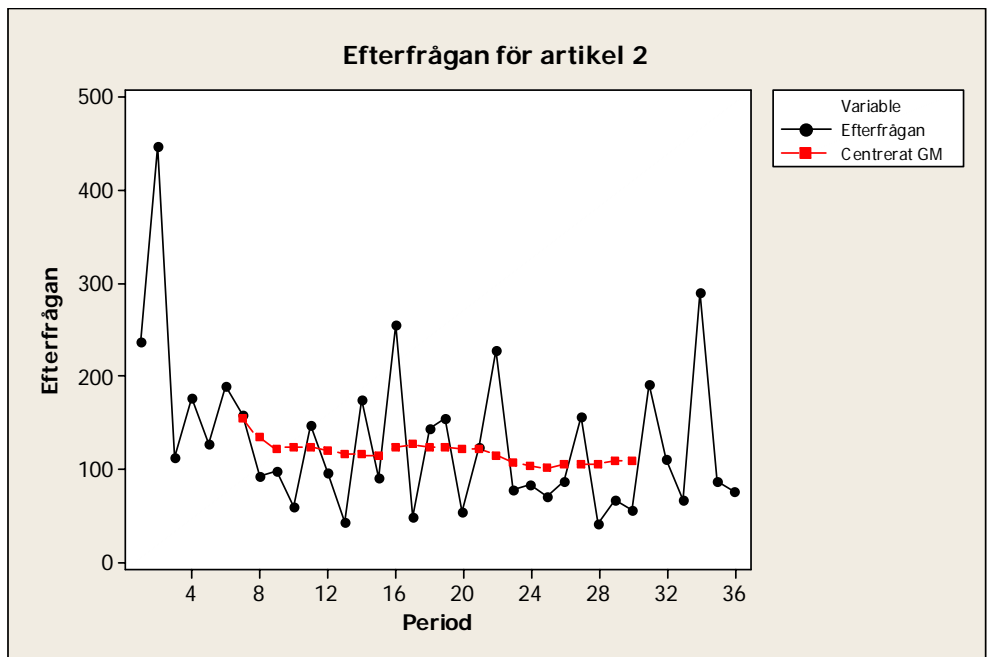
Figur 5.3. Efterfrågan för artikel 7



Figur 5.4. Autokorrelation för artikel 7. Mönster saknas. Jämför med artikel 24, figur 5.2.

5.3 Startvärdet

I utvärderingen av prognosmetoderna användes månadsmedelvärdet av 2003 års försäljningsstatistik som startvärde. I de flesta fall fungerade månadsmedelvärdet som startvärde. I de fall trender, större cykliska mönster eller perioder med extrem försäljning existerade, blev prognosavvikelserna större än vad som skulle vara fallet med ett bättre startvärde. Dessutom blev bästa prognosmetod samt eventuell utjämningskonstant eller periodantal den metod som bäst anpassade sig efter det felaktiga startvärdet. Figur 5.5 exemplifierar detta. En extrem försäljning en månad 2003 höjer medelvärdet vilket inte är representativt för den följande prognosserien.



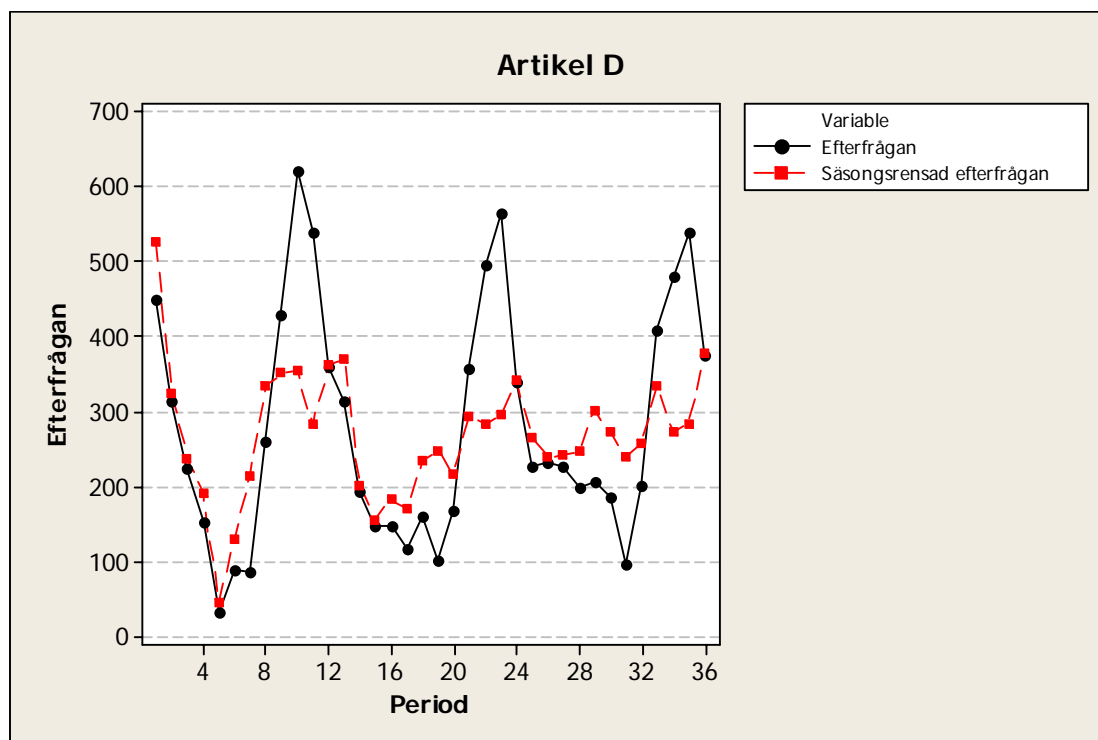
Figur 5.5. Efterfrågan för artikel 2. Extremvärdet i period förvränger medelvärdet för period 1-12

5.4 Säsongsex

Säsongsex har en stor påverkan på prognossäkerheten. Det är tillsammans med trend eller starkare cyklist mönster den enskilt största anledningen till att en prognosmetod inte lyckades med prognostiseringen vad gäller påverkbara anledningar. Fem artiklar är bättre utan säsongsex om prognosmetoden HW-naiv ingår. Antalet artiklar som har mindre prognosfel utan säsongsex är sex till antalet om HW-naiv inte räknas.

Det finns tre huvudanledningar till att säsongsex inte fungerar bra. Den första är att det är helt felaktigt säsongsex. Ett exempel på detta är en artikel har ett tydligt efterfrågemönster som upprepas från år till år men som inte stämmer med tilldelat säsongsex. Anledning nummer två är att säsongsmönstret stämmer någorlunda, men att själva säsongerna varierar något från år till år. Säsongerna är delvis slumpmässiga, även kallat stokastiska säsonger. Den tredje anledningen är att efterfrågemönstret för en artikel är så slumpmässigt att det är svårt att hitta ett lämpligt säsongsex.

Säsongsex som inte lyckas rensa säsongen korrekt går att spåra genom att mäta standardavvikelsen för tidsserien med och utan säsongsex. Om säsongsex rensar rätt borde variationen efter säsongrensning vara mindre än före rensning, samtidigt som medelvärdet bör vara ungefär detsamma som före rensningen, se figur 5.6. Tyvärr räcker det inte med det antagandet för att avgöra om prognosen blir bättre eller sämre med säsongsex. För vissa säsongrensade artiklar ökar standardavvikelsen med 20-34 procent utan att prognoserna blev bättre av att ignorera säsongsexet. För andra artiklar räckte det med öknings av standardavvikelsen i storleksordningen 15-30 procent för att säsongsex skulle vara olämpligt.



Figur 5.6. Efterfrågan för artikel D med och utan säsongrensning. Artikel D har ett fungerande säsongsex. För den vanliga efterfrågan är medelvärdet 279,1 och standardavvikelsen 157,7. För den säsongrensade efterfrågan är medelvärdet 268,8 och standardavvikelsen 85,1, vilket innebär att variationen är mindre för den säsongrensade serien.

Resultatet föranledde en undersökning med multivariata metoder för att kontrollera om det var möjligt att förutspå om en artikel skulle vara bättre med eller utan säsongsexponent. Detta undersöktes med hjälp av mått på tidsserien med och utan säsongsexponent. Resultatet av den multivariata klassificeringsmetoden diskriminantanalys visade att tre mått kunde användas för att avgöra huruvida säsongsexponent ska användas eller ej. De tre måtten var CV utan index, CV med index och MACS med index. Med dessa mått kunde 91 procent klassificeras rätt när korsvalidering användes. Korsvalidering är en metod för att förhindra överanpassning. Vad detta visar att det är enklare att bestämma om index ska vara med eller ej med en prognosmodell i Excel, men när tillräckligt mycket information finns kan en statistisk metod vara tillförlitligare.

5.5 Gränsvärde för klassificering av bristande prognossäkerhet

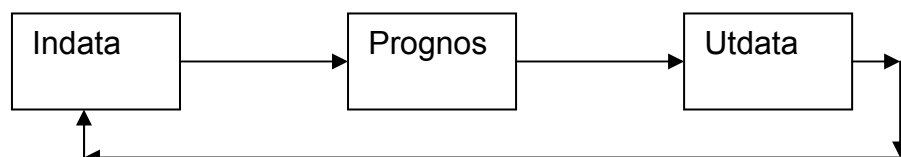
Om en artikel har ett exponentiellt utjämnat absolutfel större än 20 procent placeras artikeln på en lista över de största prognosfelen. Av de 31 artiklarna var det fyra stycken artiklar som hade MAPE (Mean Absolute Percentage Error) under 20 procent. Av de åtta artiklar som hade ett medelvärde på efterfrågan som översteg 1000/månad hade tre artiklar MAPE under 20 procent, se Tabell 5.17. För övriga artiklar var det möjligt att via ett nytt säsongsexponent sänka MAPE under gränsvärdet. De nya säsongsexponenten var baserade på den aktuella efterfrågeperioden vilket gör att det finns en osäkerhet huruvida det kommer att räcka med förändrade säsongsexponent för att minska MAPE. För att kunna sänka prognosfelen ytterligare krävs andra, mer insatskrävande prognosmetoder. Frågan är om det ens är rimligt att börja göra om säsongsexponent för individuella artiklar för att kunna nå under gränsvärdet. Risken är att antal säsongsexponent kommer att bli svåröverskådligt. Optimeringen av startvärde och utjämningskonstanter gjordes med hjälp av problemlösaren i Excel.

	MAPE<20%	Möjlig att förbättra	Åtgärd
Artikel C			
Artikel E			
Artikel F	Ja		
Artikel G	Ja		
Artikel 1			
Artikel 4		Ja	Nytt index
Artikel 7		Ja	Nytt index
Artikel 9	Ja		

Tabell 5.17. Artiklar med medelefterfrågan större än 1000/månad

5.6 Påverkande faktorer för prognosprecision

Från den konceptuella modellen enligt Silver et al (1998) utvecklades en modell över prognosprocessen. Den nyutvecklade modellen användes vid intervjuer och i ett senare skede vid identifieringen av påverkande faktorer. Genom att identifiera faktorer är det möjligt att vidta åtgärder för att öka prognossäkerheten. I figur 5.6 visas prognosprocessens tre steg. En slutsats av figuren är att faktorer som påverkar inte är oberoende. Ett fel i indata påverkar prognosberäkningen som påverkar utdata som i sin tur påverkar indata.



Figur 5.7. Konceptuell bild över prognosprocessen

De identifierade faktorerna för indata återfinns i tabell 5.18. Det finns tre huvudorsaker; förvrängd efterfrågan, tillgänglig data och tolkning av data.

Förvrängd efterfrågan är en sammanfattning på underliggande orsaker som påverkar historisk data. Kampanjer och engångsprojekt kan ge sken av att efterfrågan är större än vad den normala efterfrågan verkligen är. Leveransproblem ger en lägre efterfrågan än normalt. Kunder kan i vissa fall välja andra lösningar eller alternativa leverantörer. Konsekvenserna av företagsköp som innebär nya artiklar att prognostisera kan medföra en ökad efterfrågan och en annan variation jämfört med innan. De historiska efterfrågevärdena blir inaktuella om inte det finns möjlighet att kombinera efterfrågevärdena med det uppköpta företags historiska data.

Tillgänglig data handlar om hur tillgängligheten är för historisk data. Finns det efterfrågedata för aktuella artiklar som plockas bort för att spara utrymme förloras information som kan leda till bättre prognoser. Data som gäller omstart av prognoser kan ge vägledning till hur nya startparametrar bör ställas in eller inte ställas in.

För att kunna använda tillgänglig data måste den kunna tolkas. För att kunna göra tolkningarna krävs det resurser i form av tid och kunskap. Ytterligare orsaker som kan påverka är personliga åsikter som bygger mer på känsla än fakta, vilket sig inte behöver betyda sämre prognoser. Med policy menas om det finns ett officiellt vedertaget arbetssätt som ger en struktur till arbetet.

Indata	
Orsak	Underorsak
Förvrängd efterfrågan	Kampanjer Leveransproblem Engångsprojekt Företagsköp
Tillgängligt data	Historiska data Gamla parameterjusteringar
Tolkning av data	Tid Kunskap Personliga åsikter Policy

Tabell 5.18. Faktorer som påverkar prognosfelen för indata.

De identifierade faktorerna för Prognos finns i tabell 5.19. Det finns tre huvudorsaker; förvrängd efterfrågan, tillgänglig data och tolkning av data.

Efterfrågemönstrets påverkan är det möjligt att få en uppfattning om genom statistiska mått som standardavvikelse, autokorrelation och CV. Med dessa mått är det lättare att hitta en lämplig prognosmetod. Parametersättningen finjusterar den valda prognosmetoden. Den enskilt viktigaste parametersättningen är startvärdet. Utan ett rimligt startvärde kommer

prognosfelen att bli stora även med rätt prognosmetod. Detta gäller även för säsongindex, dock inte i samma utsträckning.

Prognos	
Orsak	Underorsak
Efterfrågemönster	
Prognosmetod	
Parametersättning	Utjämningskonstant
	Periodantal
	Startvärde
	Säsongindex

Tabell 5.19. Faktorer som påverkar prognosfelen för prognosberäkningarna.

Identifierade faktorer för utdata i tabell 5.20 stämmer överens med delar av de identifierade orsakerna för indata. Anledningen är att båda stegen kräver manuella insatser och därmed blir orsakerna likadana som de som finns under uppföljning för indata. Under personliga åsikter kan förväntningar på prognoserna sorteras. Finns inga förväntningar på att prognosen kommer att fungera finns det ingen anledning att slösa tid på uppföljningar.

Utdata	
Orsak	Underorsak
Uppföljning	Tid
	Kunskap
	Personliga åsikter
	Policy

Tabell 5.20. Faktorer som påverkar prognosfelen för utdata.

5.7 Mognadsmodellen

Det andra stadiet i mognadsmodellen är repeterbar process. Tecken på att en process är repeterbar är att en given standard finns, tidigare erfarenheter tas till vara och att möjligheten till spårbarhet finns. Inget av dessa kriterier uppfylls i dagsläget av prognosprocessen. Därför finns ingenting som tyder på att prognosprocessen är repeterbar. Enligt mognadsmodellen är prognosprocessen en omogen process.

6 Slutsatser och Rekommendationer

I detta kapitel presenteras de slutsatser och rekommendationer som är grundade på resultatet och analysen av det utförda arbetet.

6.1 Prognosmetoder

Av de undersökta prognosmetoderna är det två som är lämpligare än övriga metoder; exponentiell utjämning med naiv prognos och adaptiv exponentiell utjämning.

Exponentiell utjämning med naiv prognos är en modifiering av den använda HW-naiv där prognostiseringen av säsongsindex har plockats bort. Det finns två anledningar till att plocka bort indexprognostiseringen. För det första kan det bli oöverskådligt med tanke på antalet artiklar som Ahlsell lagerför. För det andra stod det naiva prognosinslaget för 10 förstaplatser av de 14 förstaplatser som HW-naiv hade. Det mest tilltalande med denna metod är dock inte förstaplaceringarna utan metodens robusthet. Även då metoden presterade som sämst var den aldrig riktigt dålig. Om denna metod inte finns i Vivaldi, är rekommendationen att undersöka möjligheten att lägga till exponentiell utjämning med naiv prognos.

I vissa fall gjorde det naiva inslaget i prognosen metoden sämre än vanlig exponentiell utjämning utan att för den skull vara dålig. Det finns två situationer när den naiva delen var olämplig; ett högt CV-värde (0,7-0,9) eller när autokorrelationen var nära noll eller negativ. Lösning är att ställa in vikten till 100 procent för exponentiell utjämning och 0 procent för den naiva prognosen, som är detsamma som exponentiell utjämning. Orsaken till att den naiva prognosen försämrar är att med högt CV-värde, är det troligare det är slumpen som avgör efterfrågan. Föregående månad bär inte på någon information om nästa månad, vilket även gäller för svag autokorrelation. Är autokorrelationen negativ betyder det att det är troligare att liten efterfrågan följs av stor och tvärtom. Då ger den naiva delen ingen förbättring av prognosen.

Exponentiell utjämning med naiv prognos ger en extra inställning jämfört med exponentiell utjämning. Den extra inställningen behöver medföra ett komplicerat förfarande. Är CV-värdet högt för efterfrågan eller om autokorrelation är mindre än cirka 0,1 används inget naivt prognosinslag. I övriga fall där exponentiell utjämning med naiv prognos nyttjas sätts andelen naiv till 15 procent. Procentsatsen är inte utprovad för att vara optimal, snarare vald för att fungera tillfredsställande för ett flertal artiklar. När metoden har varit i dokumenterat bruk tillräckligt länge kan optimeringar av koefficienten ske.

Adaptiv exponentiell utjämning är mest lämplig när det finns trendmönster eller cykliska mönster i efterfrågan. I dessa fall prognostiserar metoden bättre än någon av de övriga metoderna. Saknas ett tydligt mönster kan metoden fungera sämre än övriga metoder. Autokorrelationen bör vara positiv och CV-värdet inte större än 0,7-0,9. Kvoten mellan MACs/Cv kan ge en vägledning. Om kvoten är mindre än ungefär 0,8 är det ett tecken på ett beroende mellan enskilda efterfrågeobservationer vilket borde i en del fall avslöjas i autokorrelationen. En grafisk inspektion av efterfrågan och efterfrågan med centrerat glidande medelvärde, kan ge en bättre vägledning än enskilda mått eller komplettera enskilda mått. Vid negativ autokorrelation och höga CV-värden kan metoden börja överkompensera prognosfelen och blir därmed instabil. Om osäkerhet råder kring valet mellan adaptiv exponentiell utjämning och exponentiell utjämning med naiv prognos bör exponentiell

utjämning med naiv prognos väljas då den fungerar väl i de flesta fall emedan den adaptiva metoden inte är lika mångsidig.

Om adaptiv exponentiell utjämning kommer att användas bör någon form av tracking signal finnas. Metoden fokuserar på absolutfelet vilket kan ge relativt lågt MAD och MAPE på bekostnad av att prognosmetoden levererar systematiska prognosfel. Det i prognossystemet aktuella måttet för prognosfel mäter inte systematiska avvikelser.

Glidande medelvärde är lämpligast när efterfrågan är relativt stabil eller när efterfrågan svänger kring ett medelvärde, ingen trend. Att komplettera med glidande medelvärde kan ge ytterligare prognosprecision samtidigt som det innebär ännu en metod att förstå. Därför är det bättre att börja med att använda exponentiell utjämning med naiv prognos och adaptiv exponentiell utjämning innan det är dags för glidande medelvärde.

Valen kan även göras genom att testa de olika prognosmetoderna på aktuell artikel och se om någon metod är bättre än den andra. Det kräver att det är möjligt att anta att liknande förutsättningar kommer att gälla i framtiden som för testperioden. Vid osäkerhet väljs det alternativ som är mest robust.

Resonemangen kring prognosmetoder är tillämpbar vid centrallagret. När samma artiklar ska prognostiseras kan dessa metoder visa sig olämpliga eftersom volymerna kan vara för små för att prognosmetoderna ska fungera korrekt. Det kan därför vara lämpligt att prognostisera samma artikel med olika metoder beroende på om det finns efterfrågan varje månad eller ej. Vidare är värdena en utgångspunkt, när fler artiklar är analyserade kan det medföra att ovanstående värden ändras.

6.2 Startvärden

Val av startvärde är tillsammans med valet av själva prognosmetoden, det som påverkar mest möjligheten till välfungerande prognoser. Vid val av lämpligt startvärde räcker det inte med en medelvärdesbildning av de senaste 12 månaderna. En kvalitativ bedömning är nödvändig. De perioder som ligger till grund för att fastställa ett startvärde, bör kontrolleras om det finns extrema värden, höga eller låga, som inte bör vara med. En anledning till att plocka bort ett extremt värde är om det aktuella värdet är ett resultat av en kampanj eller dylik engångsföreteelse. Om inte ett lämpligt värde kan ges för extremmånaden är det bättre att basera medelvärdet på de återstående perioderna. Är det möjligt kan det vara bra att studera efterfrågan under flera år. Finns det ett cykliskt mönster kan flera år ge ett lämpligare startvärde än vad som är möjligt för ett år. Om en tydlig trend existerar kan det vara bättre att basera startvärdet på de sista perioderna, eftersom ett medelvärde grundat på hela året inte är lika representativt som de sista perioderna är. Centrat glidande medelvärde är lämpligt tillsammans med den vanliga efterfrågan för att studera efterfrågemönster. För att hitta avvikande värden kan även statistiska metoder användas. Det nya startvärdet bör dokumenteras för att vid analys av prognosfel kunna avgöra om det är metod, utjämningskonstant eller startvärde som orsakat de stora prognosfelen.

6.3 Säsongindex

Säsongindex gör att 25-26 av de 31 artiklarna får en ökad prognosprecision. Däremot då säsongindex inte fungerar blir prognosprecisionen lidande. Trend, kraftigare cykliska mönster och säsongindex var de vanligaste källorna till stora prognosfel som är påverkbara. Därför är det en fördel om det är möjligt att välja om säsongindex ska vara med eller ej.

Valet kan göras genom att testa på historiska värden på samma sätt som för prognosmetoder. Är det troligt att framtida värden kommer att ha ett liknande mönster som det historiska mönstret, kan testet vara en vägledning. Vid små skillnader eller osäkerhet kring resultaten väljs säsongindex. Anledningen är att det i de flesta fall ger bättre prognoser. Om framtida utvärderingar visar på ett annat resultat väljs säsongindex i enlighet med dessa resultat.

Övrigt att tänka på är att förbättra säsongindex eller att noggrannare välja lämpliga säsongindex för artiklar. Om det inte finns en tillstymmelse till att en artikel har en säsong, varför ska artikeln då ha ett säsongindex?

6.4 Gränsvärde för klassificering av bristande prognossäkerhet

Att arbeta med ett gränsvärde på 20 procent för samtliga artiklar ökar arbetsbördan. Det finns artiklar som aldrig kommer att kunna ge så låga prognosfel oavsett hur parametrarna ställs in. Månad efter månad kommer dessa artiklar att placera sig på listan. Genom att använda problemlösaren i Excel är det möjligt att se om det är teoretiskt möjligt att komma under 20 procent eller det värde som utgör gränsvärdet. MAD eller MAPE optimeras och startvärden och utjämningskonstanter varieras. För att undvika att försöka förbättra prognos för artiklar som inte kan förbättras bör artiklarna kunna delas in i olika grupper. Varje grupp har olika gränsvärden. En artikels gränsvärde sätts efter vad som är rimligt. Om prognossimuleringar för en artikel visar att MAPE ligger kring 20 procent så sätts gränsvärdet på 30 procent.

6.5 Påverkande faktorer för prognosprecision

När utvärdering av prognosmetoder skall göras och när prognosmetodparametrar ska ställas in är det av stor betydelse att speciella händelser som påverkar efterfrågan finns dokumenterade. Även gamla prognoskorrigeringar bör finnas dokumenterade. Bristfällig information kan leda till att efterfrågevärden som förvränger autokorrelation och CV tas med. Detta kan i sin tur leda till att en olämplig prognosmetod eller startvärde väljs. Därför är det viktigt att nödvändig kringinformation finns dokumenterad enligt en standardmall och att dokumentationen sker kontinuerligt. Naturligtvis bör dokumentationen finnas lättillgänglig. Vid prognoskorrigeringar är datum, startvärde och utjämningskonstant samt eventuella kommentarer lämpliga att dokumentera. Om säsongindex används bör analysen av CV och autokorrelation även göras på efterfrågan justerad med säsongindex, då det förändrar både CV och autokorrelationer.

I Ahlsells årsredovisningar och på hemsidan talas det om att företagsförvärv skapar möjlighet till skalfördelar genom att samordna inköp, IT, logistik och administration. Ur ett prognosperspektiv saknas kopplingen mellan det strategiska och det operativa. Artiklar som centrallagret och ett förvärvat företag har lagerfört blir den historiska efterfrågevärden inaktuella i samband med samordnandet av företagen. Värdefull information försvinner när prognoshistoriken nollas. Här skapar företagsförvärv skalnackdelar och inte skalfördelar när prognossäkerheten minskar vilket kan ge upphov till ökade kostnader. Vid förvärv bör det därför undersökas om det finns möjlighet att skapa en databas för de artiklar som det förvärvade företagen och Ahlsell sålt, där efterfrågan kan summeras.

6.6 Förbättringssteg

Att försöka förbättra allt på en gång kan göra det svårt att fokusera och dokumentera korrekt. Med för många parameterinställningar kan det vara svårt att överblicka vad konsekvensen av valda parametrar blir. Är det säkert att bidragen från enskilda åtgärder verkligen har lett till

förbättringar om det inte är möjligt att spåra orsaken? Styr inte mer än vad kunskapen tillåter. Det är ingen idé att ha högre upplösning på valmöjligheterna än på kunskaperna. Finns inte detaljkunskaperna kommer valmöjligheterna inte att bli mer än en slumpvariabel. Ett val ska vara medvetet och baserat på fakta i stället för slumpen för att lättare kunna dra slutsatser och ställa in parametrar. Det handlar även om att skapa en organisatorisk inläring. Även om det finns personer som kan prognoser bättre och sämre ska inte allt stå och falla med en person. Kompetensen bör dokumenteras så att den finns inom organisationen såväl som hos individer.

Steg 1. Skapa en repeterbar process. En processägare, processledare och kompetensförsörjare bör utses. Processägaren ansvarar för resurser och det strategiska ledarskapet. Processledaren ansvarar för överensstämma med kompetens och möjlighet att påverka situationen. Kompetensförsörjarens uppgift är att tillhandahålla nödvändig kompetens i rätt omfattning. Prognosarbetet sker med två metoder; exponentiell utjämning med naiv prognos och adaptiv exponentiell utjämning. Det handlar mer om att få metoderna att fungera, än att söka de perfekta inställningarna. Parameterfokus ligger på att kunna hitta lämpliga startvärden. I övrigt finns bara två val för parametrarna; med eller utan säsongindex, samt med eller utan naiv prognos för den exponentiella utjämningen. Vikten för naiv prognos är 15 procent eller 0 procent. Spårbarhet är nödvändigt för korrekta beslut vilket kräver dokumentation. Prognoserna måste vara möjliga att upprepa utanför prognossystemet. Detta för att kunna spåra orsaker till en ej fungerande prognos likaväl som att hitta faktorer som gör att en metod fungerar. Ett passande program för denna verksamhet är Excel eller ett liknande program. Gränsvärdet för vad som klassas som felaktig prognos ska ersättas med flera gränsvärden utifrån vad som är realistiskt för en enskild artikel. Nya gränsvärden är 20, 30 och 40 procent.

Steg 2. Definerad process. Efterfrågehistoriken har nu fler perioder och de extrema värdena för de nya perioderna borde vara identifierade och dokumenterade. Fokus bör nu kunna flyttas från startvärden, som nu kan förväntas vara väldokumenterad, till utjämningskonstanten. Med en mer omfattande historik är det lättare att prova ut lämpliga värden för utjämningskonstanten utan att riskera att en överanpassning till historiska data sker. Arbeta till en början inte med mer än två värden på utjämningskonstanten; ett högt (0,3) och ett lågt värde (0,05). Värdena är valda utifrån de analyserade artiklarna där majoriteten av artiklar hade minsta prognosavvikelsen 0,3 eller 0,05. Med fler artiklar kan dessa värden behöva justeras.

Steg 3. Predikerbar process. I takt med att dokumentationen och förståelsen för processen växer är det möjligt att börja nyansera utjämningskonstanten för bättre prognosnoggrannhet. Med systematiska uppföljningar underlättas arbetet. Delar av de historiska efterfrågevärdena används för att ställa in startvärden och värden på utjämningskonstanterna som därefter testas på andra historiska efterfrågevärden för att undvika överanpassning.

Steg 4. Optimerad process. Förståelsen för använda prognosmetoder är stor och därför är det lämpligt att utöka antalet använda prognosmetoder. Det bör vara möjligt att hitta lämplig metod och parametersättning delvis via mått som autokorrelation och CV. för att ytterligare minska prognosfelen. Glidande medelvärde och exponentiell utjämning med trend är två lämpliga metoder. Tillvägagångssättet är som för föregående steg.

Exempel på hur analys av efterfrågan kan göras finns i bilaga B-D. I Bilaga E finns ett flödesschema över prognosutvärderingen.

7 Diskussion

I detta kapitel förs en diskussion kring metodval och fortsatt forskning, samt en avslutande kommentar.

7.1 Metoddiskussion

De presenterade resultaten baseras på både primär och sekundärdata. De kvalitativa delarna grundar sig på primärdata insamlade vid intervjutillfällena. Även i utvärderingen av prognosmetoderna finns en kvalitativ bedömning. För att minska risken för inkonsekventa beslut har bedömningen skett efter vissa kriterier (se 5.1 Rangordning av prognosmetoder). Ett problem med prognosutvärdering är vilka mått som ska ligga till grund för bedömningen. Det hade varit möjligt att enbart använda ett mått. Frågan är dock om det är möjligt att beskriva prognosavvikelser med ett mått eller om det ens är önskvärt. Prognosavvikelser har fler dimensioner än vad ett mått klarar av att beskriva. De sekundär data som ligger till grund för de kvantitativa resultaten är försäljningsstatistiken vilket inte är riktigt samma sak som den verkliga efterfrågan. Svårigheten med att mäta den verkliga efterfrågan är hur det ska kunna göras på ett pålitligt sätt som inte är tidsödande. Därför har leveransdata används, vilket är samma data som används i vanliga fall till prognoserna. Prognoserna är gjorda i Excel för tidsbesparingen samt för att undvika slumpmässiga räknefel, vilket kan ske när beräkningarna görs manuellt. Excel-mallen för beräkningarna utprovades först med kända prognosvärden för att kontrollera att programmeringen fungerade.

Vad beträffar de använda måttenheter är huvuddelen standardmått som vanligtvis används för att mäta prognosfel. Lagerperioder är inte ett vedertaget mått, men det bygger på CFE som har en tydlig definition. En nyckelfunktion hos mått är att de är användbara. Beroende vilka metoder som används för att analysera materialet är det inte säkert att alla mått kommer att vara användbara trots att de kan vara både väldefinierade och statistiskt korrekta. Autokorrelationen var inte möjlig att använda vid diskriminantanalysen (för att välja om säsongindex skulle vara med eller inte) eftersom den i detta fall inte var normalfördelad. För att diskriminantanalysen ska kunna ge ett pålitligt resultat är ett av kraven att materialet är normalfördelat. MACs var normalfördelat och kunde användas. I en annan situation kan situationen för MACs och autokorrelationen vara omvänd. Tanken är att kunna ge ytterligare information som komplement till de vanliga måtten för en bättre upplösning vid klassificering.

Det finns en risk med det här arbetet, nämligen att tolka prognosmetoder och parametersättning som optimala för artiklarna eller värre; tolka resultatet som att det utan förbehåll gäller för samtliga artiklar. Det är en utgångspunkt, och inte en slutlösning, som kommer att uppdateras. Med tre år till förfogande finns det inte tillräckligt med information för att kunna utvärdera prognosmetoder utan riskera överanpassning. Det hade varit möjligt att fastställa medelvärdet med det första året och optimera utjämningskonstanter och periodantal. Men att basera slutsatser på ett år gör att slutsatserna riskerar att färgas av slumpens inflytande. Flera av artiklarna uppvisar stora variationer mellan olika år och därför skulle slumpen få ett allt för stort inflytande på parametersättningen.

Det handlar inte om statistisk säkerhet för de utvalda artiklarna som gör det möjligt att applicera på alla artiklar. Det handlar snarare om att visa ett tillvägagångssätt som gör det möjligt att tolka resultaten med en statistisk säkerhet när tillräckligt många artiklar är

analyserade. 24 slumpmässigt valda artiklar räcker inte för att säkerställa en prediktiv validitet. Inte ens om de sju utvalda räknas in. Om den högst accepterade felmarginalen ska vara 5 procent eller mindre och totala antalet artiklar är 25 000, krävs det minst 379 artiklar för att kunna dra statistiskt underbyggda slutsatser vid normalfördelningsantagande, se bilaga F. Det väsentliga med examensarbetet är inte om värdena har prediktiv validitet eller ej, utan att rekommendationerna bidrar till att prediktiv validitet blir möjlig.

7.2 Fortsatt forskning

Under arbetets gång har två frågeställningar dykt upp i samband med utvärderingen av prognosmetoderna. Den adaptiva exponentiella metoden beskrivs som lätthanterlig men med risk för instabilitet. Metoden visade sig bland undersökta artiklar vara den lämpligaste metoden likaväl som den minst lämpliga metoden. En noggrannare kartläggning av påverkande faktorer och omständigheter vore av intresse för att bättre kunna identifiera användningsområden. När flera olika prognosmetoder används föreslås vanligtvis att de ingående metoderna viktas lika. Det kan vara lämpligt när många olika metoder ingår. Men när den ena metoden är föregående periods efterfrågan kan slumpens påverkan på prognosen bli väl stor om den naiva delen utgör hälften av prognosen. Prognosprecisionen sjunker därmed. Är det möjligt att fastställa samband mellan andelen naiv prognos beroende av efterfrågans mönster? Ytterligare ett forskningsområde är nyttjandet av multivariata metoder för klassificering i samband med prognostisering.

7.3 Avslutande kommentar

Det kan kanske tyckas vara en fokusering i rapporten kring vad som kan upplevas som komplicerade detaljer. Men utan dessa detaljer, som exempelvis autokorrelation och CV, är det inte möjligt att använda tidsserier på ett rationellt sätt. Dessa detaljer är nödvändiga för att kunna kontrollera prognoserna och hitta prognosmetoder som har förutsättningar att lyckas. I en förlängning och med tillräckligt stort underlag kan det vara möjligt att välja passande prognosmetod direkt med hjälp av vissa mått som beskriver tidsserien. I nuläget saknas denna information och därför behövs kunskapen att tolka detaljerna, bland annat prognosfelen, för att kunna dra slutsatser kring prognosvalen.

Givna rekommendationer kommer inte i dagsläget att resultera i optimerade prognoser. Till en början handlar det mer om robusta lösningar än om precision. Vägen till optimerade prognoser består av flera steg för att komma från slumpberoende till styrning. Det viktigaste är att inte ta flera steg i taget. Målet är att verkligen förbättra prognoserna och inte att genomföra alla steg så fort som möjligt. Utgå från teorierna och basera besluten på den faktiska verkligheten. Prognoser fungerar bättre med tillförlitliga data, vilket även gäller metodiken att arbeta med att ta fram lämpliga prognoser. Till syvende och sist handlar det om att det behövs ett pålitligt datamaterial för att kunna prognostisera prognosmetoder.

8 Referenser

8.1 Litteratur

Andersson, G., Jorner, U., Ågren, A., (1983) *Regressions- och tidsserieanalys med och utan datorstöd*, Studentlitteratur, Lund.

Axsäter, S., (1991), *Lagerstyrning*, Studentlitteratur, Lund.

Bergman, B., Klefsjö, B., (2001), *Kvalitet från behov till användning*, Studentlitteratur, Lund.

Dekker, M., van Donselaar, K., Ouwehand, P., (2004), *How to use aggregation and combined forecasting to improve seasonal demand forecasts*, International journal of production economics, No 90 (2004) 151-167.

Ejvegård, R., (2003), *Vetenskaplig metod*, Studentlitteratur, Lund.

Eriksson, L., Wiedersheim-Paul, F., (2001), *Att utreda, forska och rapportera*, Liber ekonomi, Malmö.

Hartman, J., (2004), *Vetenskapligt tänkande – Från kunskapsteori till metodteori*, Studentlitteratur, Lund.

Hellmer, S., Klefsjö, B., (1989), *Räkna med slumpen*, Centek förlag, Luleå.

Johnsson, D., (1998), *Applied multivariate methods for data analysts*, Duxbury Press, Pacific Groove.

Krajewski, L., Ritzman, L., (2002), *Operations Management: Strategy and Analysis*, Pearson Education, Inc. New Jersey.

Lekvall, P., Wahlbin, C., (2003), *Information för marknadsföringsbeslut*, IHM förlag, Göteborg.

Makridakis, S., Wheelwright, S.C., (1989), *Forecasting Methods for Management*, John Wiley & Sons, New York.

Makridakis, S., Wheelwright, S.C., Hyndman, R.J., (1998), *Forecasting, Methods and application 3rd edition*, John Wiley & Sons, Hoboken NJ.

Mattsson, S-A., Jonsson, P., (2003), *Produktionslogistik*, Studentlitteratur, Lund.

Merriam, S.B., (1994), *Fallstudien som forskningsmetod*, Studentlitteratur, Lund.

Montgomery, D.C., (2005), *Strategic Introduction to Statistical Quality Control 5th edition*, Wiley & Sons, Hoboken, NJ.

Patel, R., Davidsson, B., (2003), *Forskningsmetodikens grunder – att planera, genomföra och rapportera en undersökning*, Studentlitteratur, Lund.

Segerstedt, A., (1999), *Logistik med fokus på Material- och Produktionsstyrning*, Liber ekonomi, Malmö.

Silver, E.A., Pyke, D.F., Peterson, R., (1998), *Inventory management and production planning and scheduling*, Wiley cop., New York.

Syntetos, A.A., Boylan J.E., (2006), *On the stock control performance of intermittent demand estimators*, International journal of production economics, advance online publication 15 July 2005 doi: 10.1016/j.ijpe.2005.04.004.

Wallström, P., Segerstedt, A., (2006), *Working paper*, Division of Industrial Logistics, Luleå tekniska universitet.

Vännman, K., (2002), *Matematisk statistik*, Studentlitteratur, Lund.

Yin, R.K., (2003), *Case study research: design and methods*, Sage publications, Thousand Oaks, CA.

8.2 Övrig litteratur

Karlsson, J., (2004), *“Manual för Ahlert”*, IMP, Ahlsell.

8.3 Elektroniska referenser

Ahlsell. (2004). *Om Ahlsell*, Tillgänglig från URL: www.ahlsell.com. (2006-04-20)

Ahlsell Årsredovisning. (2004). Tillgänglig från URL: www.ahlsell.com. (2006-04-20)

8.4 Muntliga referenser

Norelius, Hans	Materialförsörjningschef, Ahlsell
Gunnarsson, Hans	Logistikcontroller, Ahlsell
Sifvert, Tom	Industrimatematik

Bilaga A – Prognosfrågor

Övergripande frågor

- Hur ser prognosorganisationen ut?
- Vem kan påverka prognoserna?
- Vilka likheter respektive skillnader finns det i arbetsmetoderna mellan olika artiklarna?
- Finns möjligheten att påverka en prognos?
Vetskapen om påverkande faktorer; exempelvis en kampanj med en prissänkning på en artikel.

Indata

- Vad ligger till grund för efterfrågedata?
Exempelvis order, utleverans, faktura
- Kan man spåra en enskild order?
- Vilka möjligheter finns det att filtrera/ta bort efterfrågedata?
Om ordern är extremt stor
- Finns det någon form av aggregerad prognos som ligger till grund för artikelprognoserna?

Prognostisering – beräkning

- Vilka olika prognosmetoder används?
- Hur har urvalet av dessa prognosmetoder gjorts?
- Hur har parametersättningen av prognosmetoderna skett?
- Används mer än en prognosmetod för en enskild artikel?
- Hur fungerar den adaptiva prognosmodellen?
- Vilka längder på prognoserna används?
- Hur många prognoser görs i förhållande till prognoslängden för en artikel?
- Om prognoslängden är en månad görs fler än 12 prognoser

Utdata

- Vilka kriterier måste vara uppfyllda för att en analys av en artikels aktuella prognosmetod/metoder?
- Vilka kontroller finns för rimligheten i prognosvärdena och vad krävs för att ett prognosvärde korrigeras
- Utvärderas prognoserna utifrån leveransservice och kapitalbindning?

Bilaga B – Analysexempel 1 med förklaringar

I den löpande texten används kursiv stil vid två tillfällen. I texten angående problemlösaren är parameterinställningarna kursiverade. I övriga fall gäller kursiveringen kommentarer som är specifika för den enskilda artikeln som analyseras.

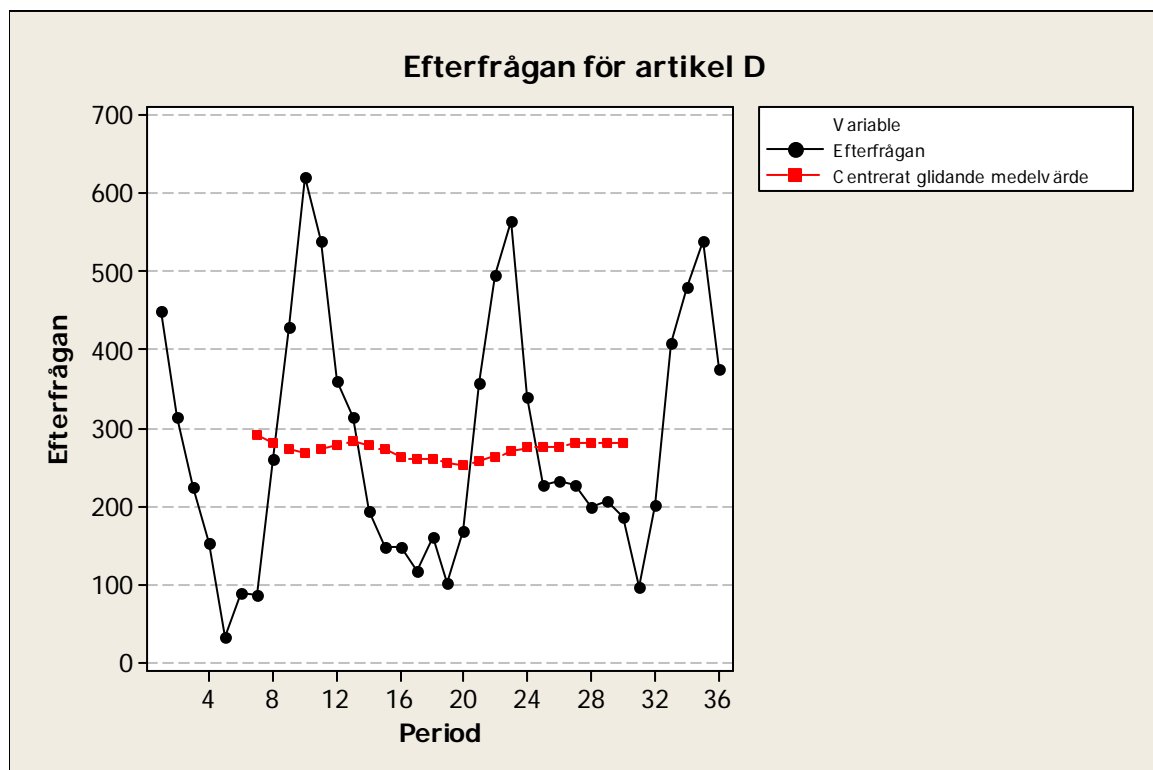
1. Undersök tidigare efterfrågan för artikel

Undersök efterfrågan och säsongrensad efterfrågan (centrerat glidande medelvärde) i diagrammet, även medelvärde och standardavvikelse kan beräknas. Om det finns extrema avvikelser kontrollera vad avvikelserna beror på. Beror avvikelserna på en engångsförekomst ersätts det extrema värdet med en uppskattning av ett normalt värde.

Stora relativa skillnader mellan toppar och dalar, samt ett mönster som verkar regelbundet tyder på säsonger, se figur 1 och variabel efterfrågan.

Den säsongrensade efterfrågan tenderar till att förutom rensa bort säsongen även rensa bort slumpmässig efterfrågan. Det som återstår visar en kombination av trend och cykliska mönster.

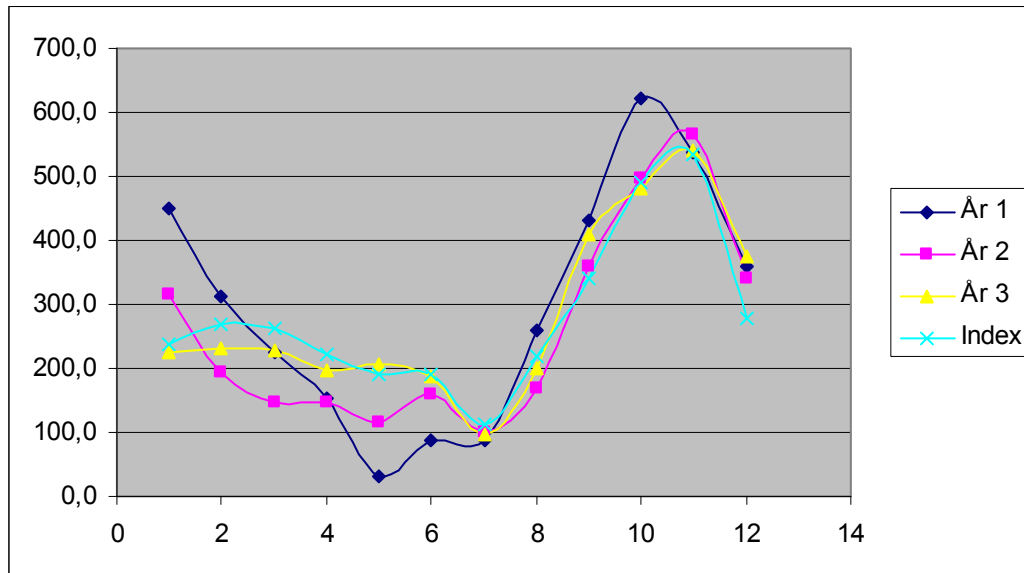
Säsongrensade efterfrågan svänger svagt upp och ner, vilket gör att slutsatsen blir att artikel D saknar trend och har inte starkt cyklist mönster som kräver en metod som anpassar sig efter trender, se figur 1 och variabel centrerat glidande medelvärde.



Figur 1. Efterfrågan och centrerat glidande medelvärde för artikel D.

Efterfrågan visar "allt-i-ett"; trender, cykliska mönster, säsonger och slumpvariationer. För att lättare kunna se hur säsongen varierar, undersöks diagrammet där olika år plottas på varandra.

De olika åren har ett liknande mönster år från år. Vissa variationer finns, men i det stora hela rör det här sig om en artikel med ett stabilt säsongmönster, se figur 2.



Figur 2. Överlagrad efterfrågan från olika år för artikel D. Index visar hur säsongindex ser ut för artikeln

2. Med eller utan säsongindex

Även om en artikel visar sig ha ett tydligt säsongsmönster behöver inte det betyda att det utvalda säsongindexet är lämpligt. En prognosserie på historiska värden görs för att undersöka om säsongindex förbättrar prognosen. År 1 utgör startvärdet och prognoserna görs på efterföljande år. Felen analyseras för att bedöma om det är bättre att använda index. Skiljer det inte mycket mellan med och utan säsongindex, välj med säsongindex. Hittills har det visat sig att de flesta artiklar är bättre med, än utan säsongindex. För att få ett rimligt startvärde undersöks året som utgör startvärdet för att det inte ska finnas extrema höga eller låga värden som ger ett felaktigt startvärde.

För artikel D finns det inga extrema värden, därför utgör medelvärdet (297) för år 1 startvärdet. MAD, MSE, MAPE är mycket bättre med index än utan, se tabell 1-2. Därför väljs med säsongindex. Om en artikel är bättre utan än med index trots att artikeln uppvisar ett tydligt säsongsmönster, kan det vara en idé att testa andra säsongindex för att se om dessa är bättre.

Säsongsex	Exponentiell utjämning			
	0,05	0,1	0,2	0,3
alfa-värde	0,05	0,1	0,2	0,3
MAD	43,1	44,6	44,4	44,2
MSE	3085	3284	3374	3199
CFE	-154,1	47,1	168,3	181,1
Summa PIS	-6203	-4608	-3150	-2532
MPE	-10,97	-7,55	-4,74	-3,51
MAPE	20,87	19,90	18,75	18,52

Tabell 1. Sammanställning av prognosfel för Exponentiell utjämning med säsong index.

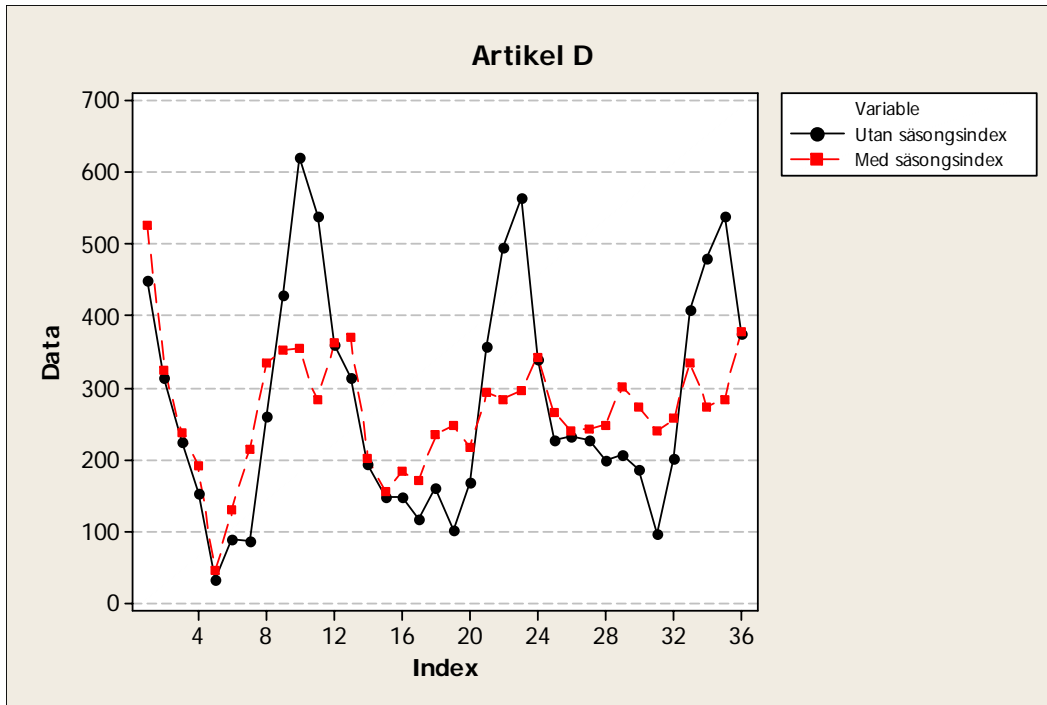
Utan index	Exponentiell utjämning			
	0,05	0,1	0,2	0,3
alfa-värde	0,05	0,1	0,2	0,3
MAD	124,3	121,7	113,3	109,3
MSE	20641	20876	19843	18738
CFE	-90,8	141,2	269,8	308,1
Summa integr	-10606	-7262	-4309	-2704
MPE	-31,58	-26,24	-20,78	-16,84
MAPE	57,32	53,54	47,35	43,93

Tabell 2. Sammanställning av prognosfel för Exponentiell utjämning utan säsong index.

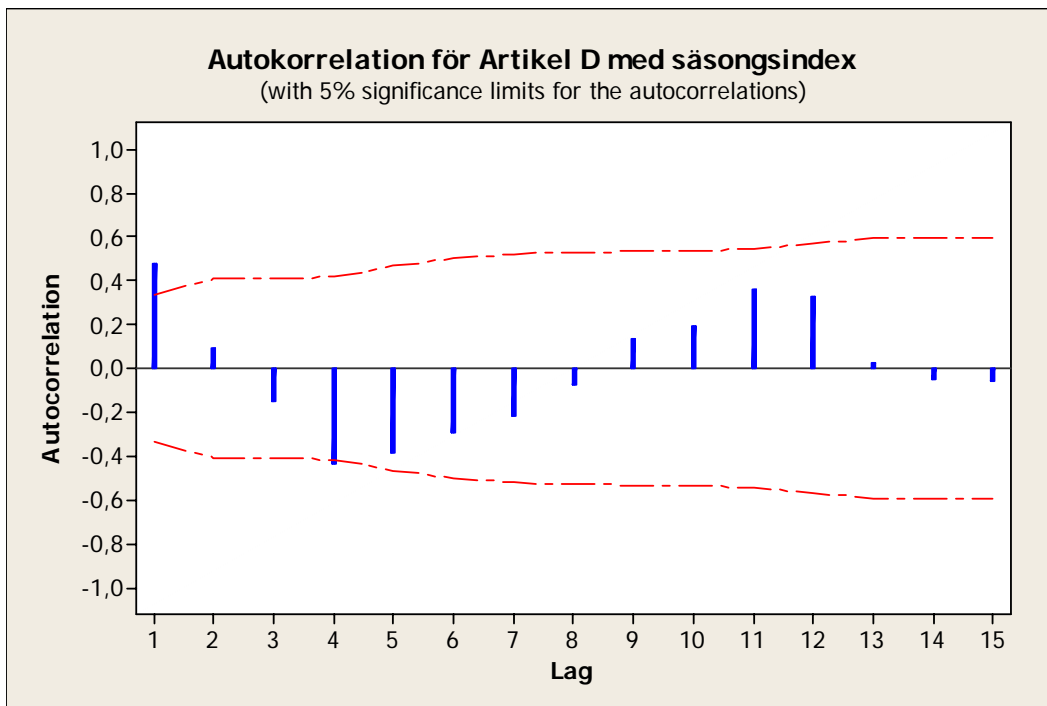
3. Val av prognosmetod

Här beskrivs två sätt för att bestämma prognosmetod; genom att göra en analys av nyckeltal eller genom att prognostisera på historiska värden.

Om säsongsex ger mindre prognosfel är det bättre att bestämma autokorrelationen med index än utan. Om säsongsex nyttjas förändras efterfrågemönstret och därmed autokorrelationen jämfört med att inte säsongrensa. I figur 3 syns den mindre variationen och det förändrade efterfrågemönstret som den säsongrensade efterfrågan har jämfört med "vanlig" efterfrågan. Denna förändring ger annorlunda autokorrelation. Vid tolkning bör man se upp med om det finns extremvärden på grund av exempelvis kampanj eller dylikt då dessa kan förvränga autokorrelationen. I sådana fall kan det vara bättre att studera den eventuella trend som finns i det centrerade glidande medelvärdet, se figur 1. För autokorrelationsdiagrammet se figur 4.



Figur 3. Efterfrågan med och utan säsongindex för artikel D.



figur 4. Autokorrelationsdiagram med säsongindex för artikel D. De röda, streckade linjerna markerar hur stark en autokorrelation måste vara för att vara statistiskt säkerställd med en felrisk på 5 procent.

Då säsongindex visade sig ge bättre resultat är det bättre att bestämma autokorrelationen med index än utan. För artikel D är den första autokorrelationen cirka 0,5, se figur 4. Då det saknas ett fallande mönster bland tidsförskjutning 1 till 3 är det tveksamt att det finns en trend. Detta stämmer överens med figur 1. Tabell 4 tyder på att

exponentiell utjämning med naiv prognos är lämplig. Det finns en positiv autokorrelation, efterfrågan plottad med centrerat glidande medelvärde visar att artikel är stabil. Då autokorrelationen är positiv och hög, gör detta att även den adaptiva metoden är användbar.

Även CV bör undersökas för att se hur stor variation som finns för att hitta en lämplig metod. Som i fallet med autokorrelation är det lämpligt att kontrollera CV med säsongindex om säsongindex ska användas.

Efterfrågan		
	utan index	med index
Medel	279,10	268,82
Median	226,94	
Std	157,70	85,14
CV	0,565	0,317
Medelförändring	91,28	55,59
MACs	0,327	0,207
MACs/CV	0,579	0,653

Tabell 3. Sammanställning av mått för artikel D.

CV med index indikerar att variationen är låg. Kvoten MACs/CV används för att verifiera autokorrelationsvärden och är i detta fall 0,65 vilket tyder på att det finns ett beroende, korrelation, mellan observationerna.

Kom ihåg att denna analys gäller historiska värden. Om en artikel går från att ha varit ny på marknaden till att bli en etablerad artikel med stabil efterfrågan kommer det historiska mönstret troligen att inte stämma med det mönster som den etablerade artikeln med stabil efterfrågan har. Misstänks att en förändring av en artikels efterfrågemönster håller på att förändras bör man beakta det vid val av prognosmetod

Förutom att analysera olika efterfrågestatistik, kan en prognosmodell användas som liknar den som användes för avgörande av säsongindex. En prognosserie baserat på historiska värden med första året som startvärde. Eftersom startvärdet kan påverka valet bör det undersökas om det finns extrempunkter som påverkar val av metod. Vissa metoder eller inställningar för utjämningskonstanten anpassar prognosen snabbare till verkligheten om startvärdet är felaktigt. Finns det extrempunkter, prova med att plocka bort extrempunkten och bilda medelvärdet av de 11 återstående observationerna. Är prognosserien gjord i samband med säsongindex är det bara att läsa av om någon metod verkar bättre än de övriga. Bedömningen görs på samma sätt som för säsongindex, se ”Med eller utan säsongindex”.

alfa-värde	Exponentiell utjämning med naiv prognos				Adaptiv
	0,05	0,1	0,2	0,3	Med index
MAD	41,4	42,8	42,6	42,0	45,1
MSE	2629	2876	3048	2967	3215
CFE	-108,1	62,9	165,9	176,8	208,2
PIS	-5442	-3269	-1250	-533	-1152
MPE	-10,14	-7,23	-4,84	-3,80	-2,94
MAPE	19,84	19,07	17,98	17,65	19,09

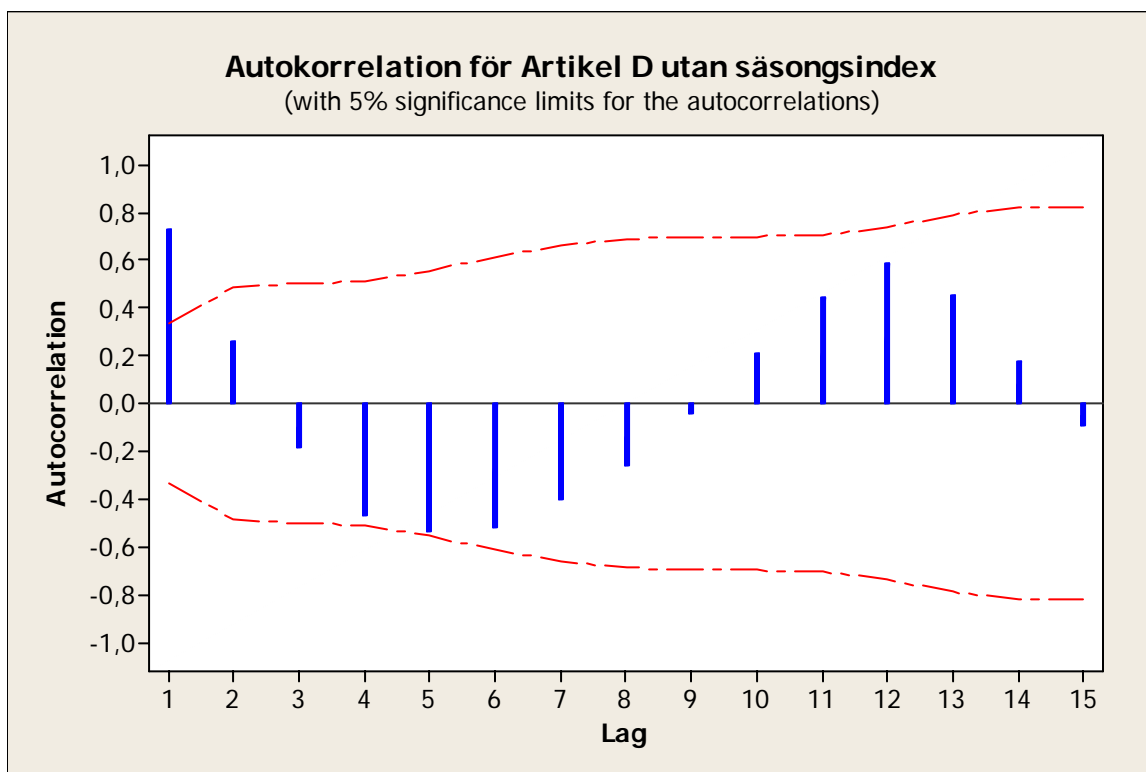
Tabell 4. Sammanställning av prognosfel för exponentiell utjämning med naiv prognos och adaptiv exponentiell utjämning. Andelen naiv prognos är 15 procent.

MAD, MSE och MAPE är samtliga bättre för exponentiell utjämning (0,05 eller 0,3) med naiv prognos än den adaptiva varianten, därför väljs exponentiell utjämning med naiv prognos. För jämförelse med vanlig exponentiell utjämning se tabell 1.

Naiv prognos

Om det naiva inslaget ska vara med i prognosen bör två villkor vara uppfyllda, CV under 0,6-0,7, och positiv autokorrelation större än 0,2-0,3. Det medför att det troligen finns en samvariation som gör att det naiva inslaget gör prognosen bättre. Här ska autokorrelationen göras på den vanliga efterfrågan och inte med säsongindex. Orsaken är att den naiva prognosen inte säsongrensas, utan är föregående månads verkliga efterfrågan.

I detta fall är båda villkoren uppfyllda. Den första autokorrelationen är mycket stark, ungefär 0,75, se figur 5.



figur 5. Autokorrelationsdiagram utan säsongindex för artikel D.

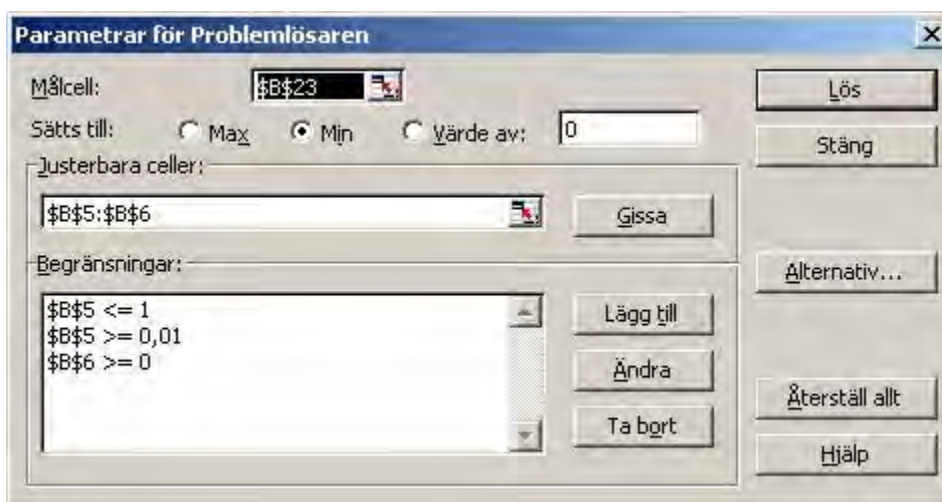
4. Undersök om det är möjligt att komma under ”larmvärdet” för prognosfel

Genom att optimera är det möjligt att se vilket som är det teoretiskt lägsta prognosfel som är möjligt. Detta kan göras för önskad prognosmetod. Det räcker att göra kontrollen med den bästa metoden. I praktiken kommer felet att vara större under verkliga förhållanden än felet vid en optimering av historiska värden. Kan inte en optimering vara lägre än ”larmvärdet” är gränsvärdet orimligt och ett nytt gränsvärde bör sättas, se 5.5 Gränsvärdet för klassificering av bristande prognosprecision och 6.4. Gränsvärdet för klassificering av bristande prognosprecision. Om det faktiska värdet inte skiljer sig mycket från det optimerade finns ingen anledning att starta om prognosen.

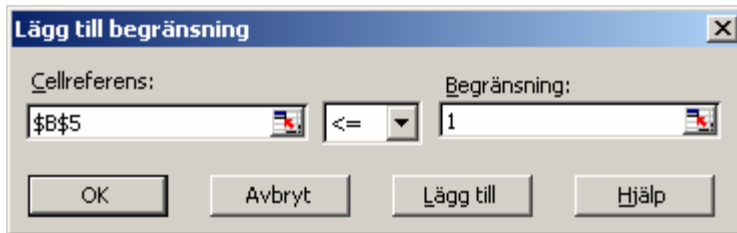
Tillvägagångssätt vid optimering i Excel

Observera att de specifika rutorna för startvärde och utjämningskonstanter är olika för olika prognosmetoderna. I detta exempel är det B5 och B6, vilket inte behöver vara fallet med andra prognosmetoder än den använda för exemplet.

- Använd Excel-mallen för prognoser och arbetsbladet för den mest lämpade prognosmetoden.
- Starta problemlösaren som finns under *Verktyg*.
- Välj att optimera MAPE eller MAD. MAPE är inte alltid möjlig att optimera med problemlösaren. I sådana fall väljs MAD som nästan alltid är att möjlig att optimera. Målcellen är den ruta i Excel som ska optimeras, se figur 6.
- Välj *Min* som finns på raden som börjar med *Sätts till*.
- Startvärde (B6) och utjämningskonstanten (B5) utgör *Justerbara celler*.
- Under *Begränsningar* sätts utjämningskonstanten (B5) övre gräns till 1 och den nedre gränsen till 0,01, se figur 6 och figur 7 De justerbara cellerna måste begränsas så att inte orimliga värden är möjliga.
- Startvärdet måste vara större än noll, vilket sätts som en gräns.



Figur 6. Parametrar för problemlösaren. Denna dialogruta är den första som dyker upp



Figur 7. Lägg till begränsning. Dialogrutan dyker upp efter Lägg till valts i föregående figur.

I fallet med artikel D ligger MAPE- värdet omkring 14 procent vid en optimering vilket gör att 20 procent är ett rimligt gränsvärde.

5. Startvärde

Startvärde bestäms med hjälp av medelvärdet för den senaste 12 månadsperioden före startpunkten av den nya prognosen. Eftersom startvärdet kan påverka prognosfelens storlek bör det undersökas om det finns extrempunkter som påverkar medelvärdet och i förlängningen kan medföra att prognosfelen bli större. Vissa metoder eller vissa inställningar för utjämningskonstanten anpassar prognosen snabbare till verkligheten om startvärdet är felaktigt. Ett högre värde på utjämningskonstanten ger en snabbare anpassning men riskerar att påverkas för mycket av slumpen om efterfrågevariationen är hög (høgt CV). Finns det extrempunkter, prova med att plocka bort extrempunkten och bilda medelvärdet av de 11 återstående observationerna. Finns det flera års efterfrågestatistik går det att använda ett värde från samma månad från ett tidigare år. Kontrollera att efterfrågan har legat på ungefär samma nivå år från år för att ge ett passande ersättningsvärde. Till detta kan figur 2 eller figur 3 användas.

Förutom extremvärden kan trend påverka startvärdet. Om det finns en tydlig trend som antas fortsätta eller stabiliseras kring de senaste värdena, kommer medelvärdet att antingen vara för høgt eller för lågt. Vid en uppgående trend kommer medelvärdet att vara för lågt. Vid nedgående trend kommer medelvärdet att vara för høgt. För att avgöra om trend existerar kontrolleras autokorrelationsdiagrammet utan säsong och centrerad glidande medelvärde.

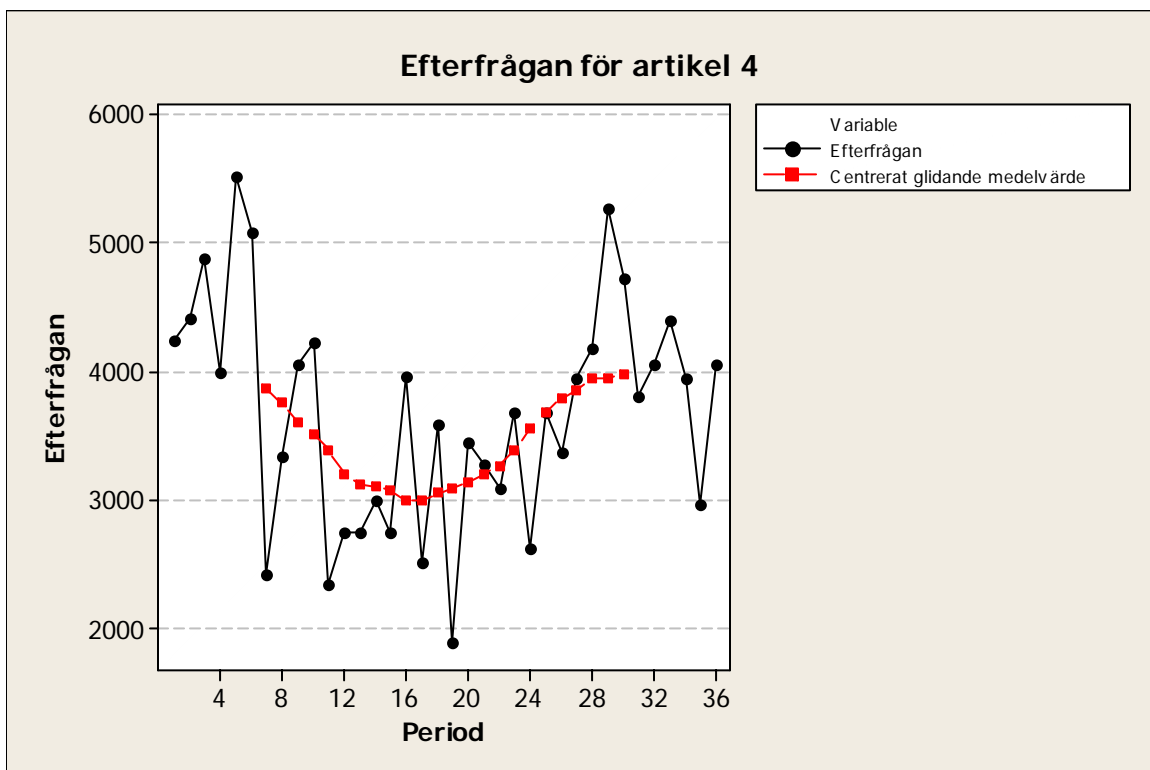
För artikel D finns inget som tyder på trend i vare sig autokorrelationen utan säsongindex, figur 5, eller det centrerat glidande medelvärde, figur 3. Därför kan medelvärdet för de 12 senaste månaderna användas som startvärde.

Bilaga C – Analysexempel 2

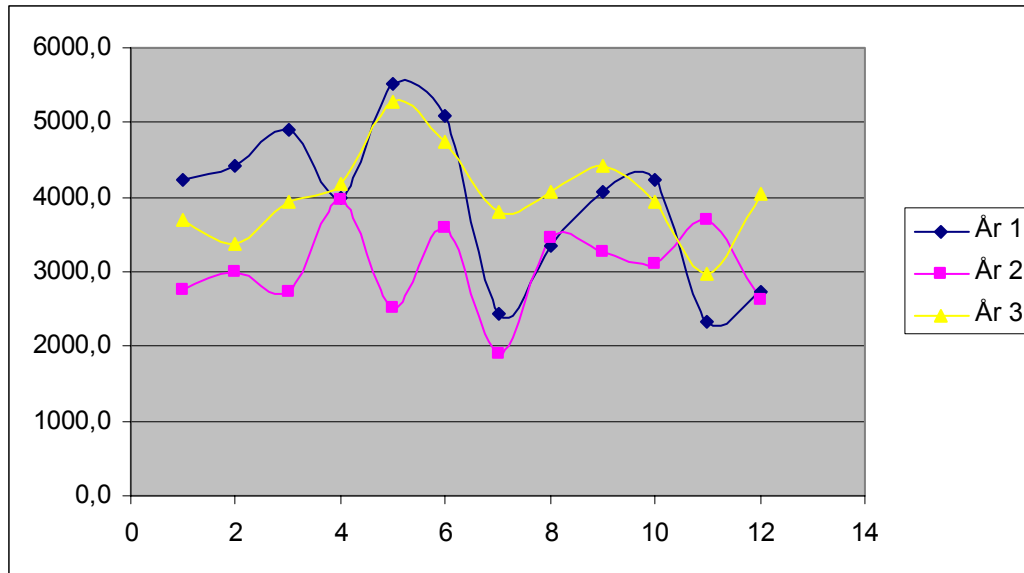
I denna text finns enbart kommentarer kring den analyserade artikeln. För att vara konsekvent med föregående bilaga är kommentarerna kursiverade.

1. Undersök tidigare efterfrågan för artikel

Stora relativa skillnader mellan toppar och dalar, vilket gör det svårt att hitta ett mönster som tyder på säsonger, se figur 1. I det centrerade glidande medelvärdet syns det cykliska mönstret. Den säsongrensade efterfrågan går först ned och sedan upp. Artikeln har under denna period inte haft en stabil efterfrågan. Slutsatsen blir att artikel 1 har ett starkt cyklist mönster alternativ en nedgående trend som följs av en uppgående trend. Frågan är om trenden har stabiliserats (period 28-30). Det är för tidigt att avgöra om det krävs en metod som anpassar sig efter trender och cykliska mönster, se figur 1 och variabel centrerat glidande medelvärde.



Figur 1. Efterfrågan och centrerat glidande medelvärde för artikel 4.



Figur 2. Överlagrad efterfrågan från olika år för artikel 4. Index visar hur säsongindex ser ut för artikeln

De olika åren har inte liknande mönster från år till år. Detta är en artikel som saknar ett stabilt säsongmönster, se figur 2. Dock liknar år 1 och år 3 varandra.

2. Med eller utan säsongindex

För artikel 4 finns det inga extrema värden, därför utgör medelvärdet (3942) för år 1 startvärdet. MAD, MSE, MAPE är bättre utan säsongindex än med, se tabell 1-3. Därför väljs utan säsongindex. Om en artikel är bättre utan än med index trots att artikeln uppvisar ett tydligt säsongmönster, kan det vara en idé att testa andra säsongindex för att se om dessa är bättre.

Index	Exponentiell utjämning			
	0,05	0,1	0,2	0,3
MAD	816,6	834,1	872,8	896,3
MSE	1,0E+06	1,0E+06	1,1E+06	1,1E+06
CFE	-5107	-3700	-3556	-3870
PIS	-114992	-85196	-57978	-47824
MAPE	23,6	23,7	24,4	24,9

Tabell 1. Sammanställning av prognosfel för exponentiell utjämning med säsong index.

Utan	Exponentiell utjämning			
	0,05	0,1	0,2	0,3
MAD	634,4	610,4	618,1	632,2
MSE	6,6E+05	6,3E+05	5,8E+05	5,6E+05
CFE	-3656	-1418	-485	-599
PIS	-122092	-85766	-51940	-39130
MAPE	20,6	19,5	19,5	19,8

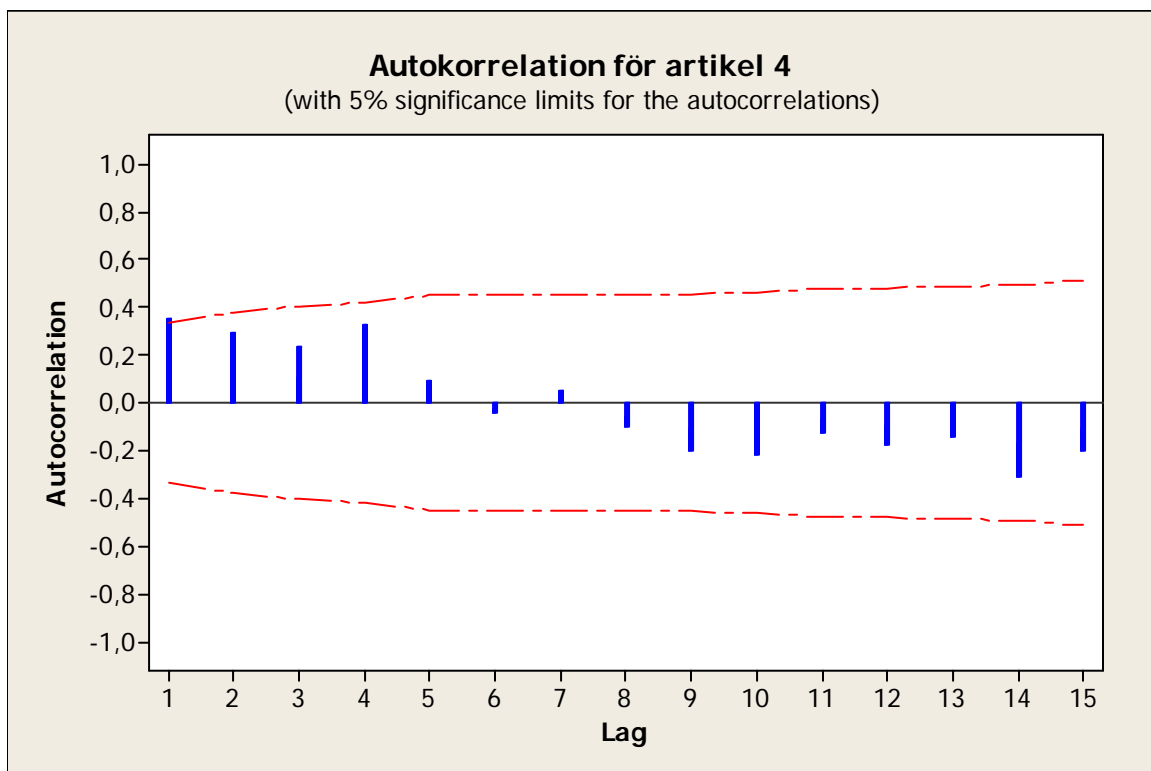
Tabell 2. Sammanställning av prognosfel för exponentiell utjämning utan säsong index.

	ARSSES		ARSSES index	
	Begräns.	Utan	Begräns.	Utan
MAD	663,1	651,6	917,7	907,8
MSE	6,50E+05	6,40E+05	1,30E+06	1,30E+06
CFE	-2019	-1857	-5009	-4864
PIS	-67595	-63468	-68616	-65379
MAPE	21,2	20,8	25,7	25,3

Tabell 3. Sammanställning av prognosfel för adaptiv exponentiell utjämning.

3. Val av prognosmetod

Då säsongindex visade sig ge sämre resultat bestäms autokorrelationen utan index. För artikel 4 är den första autokorrelationen cirka 0,38, figur 3. Då det finns ett svagt fallande mönster bland tidsförskjutning 1 till 3 är det tveksamt att det finns en stark trend. Tabell 2 tyder på att exponentiell utjämning utan index är lämplig. Det finns en positiv autokorrelation, men efterfrågan plottad med centrerat glidande medelvärde visar att artikel har någon form av trend. Detta innebär att även den adaptiva metoden är ett alternativ.



figur 3. Autokorrelationsdiagram med säsongindex för artikel 4. De röda, streckade linjerna markerar hur stark en autokorrelation måste vara för att vara statistiskt säkerställd med en felrisk på 5 procent.

4. Undersök om det är möjligt att komma under ”gränsvärdet” för prognosfel

I fallet med artikel 4 ligger MAPE- värdet omkring 20 procent vid en optimering vilket gör att 20 procent inte är ett rimligt gränsvärde. 30 procent är rimligare i detta fall. Med ett mer anpassat säsongindex är det möjligt att komma under 20 procent

5. Startvärde

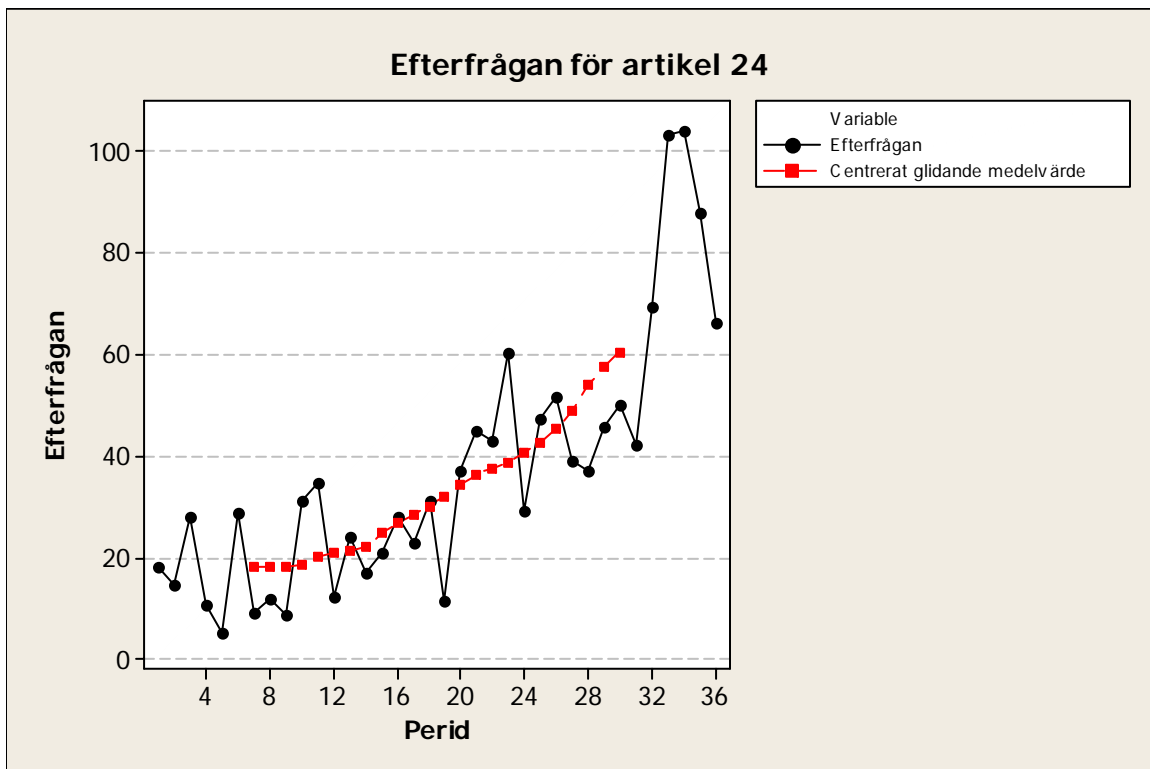
För artikel 4 finns inget som tyder på en stark trend i vare sig autokorrelationen, figur 3, eller det centrerat glidande medelvärde, figur 1. Därför kan medelvärdet för de 12 senaste månaderna användas som startvärde.

Bilaga D – Analysexempel 3

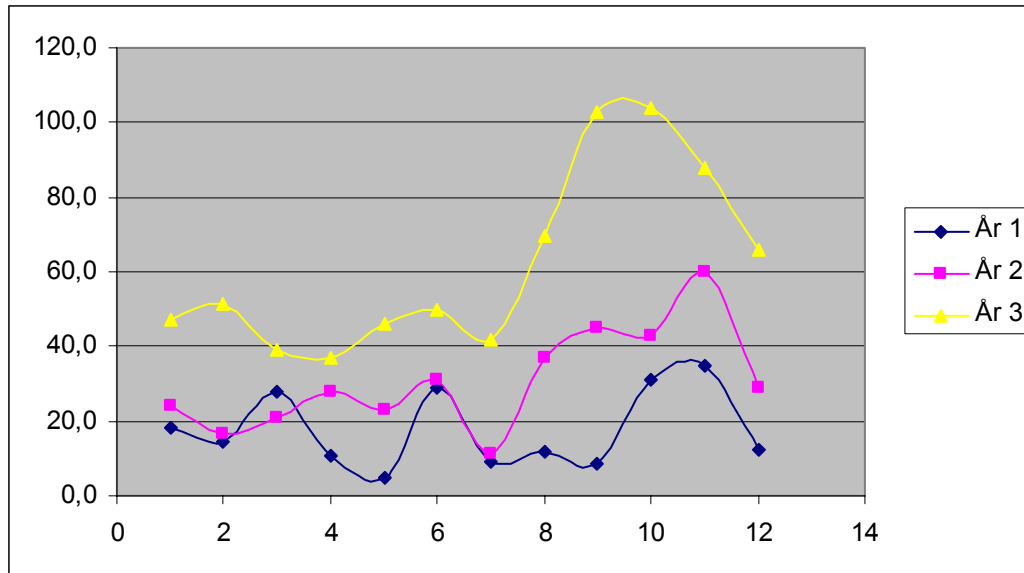
I denna text finns enbart kommentarer kring den analyserade artikeln. För att vara konsekvent är kommentarerna kursiverade.

1. Undersök tidigare efterfrågan för artikel

Små skillnader mellan toppar och dalar förutom på slutet, det är svårt att hitta ett tydligt mönster som tyder på säsonger, se figur 1. I det centrerade glidande medelvärdet syns trendmönstret. Den säsongrensade efterfrågan ökar hela tiden. Artikeln har under denna period inte haft en stabil efterfrågan. Slutsatsen blir att artikel 1 har ett starkt trendmönster. För att avgöra om det krävs en metod som anpassar sig efter trender och cykliska mönster bör även en autokorrelation göras.



Figur 1. Efterfrågan och centrerat glidande medelvärde för artikel 24.



Figur 2. Överlagrad efterfrågan från olika år för artikel 24. Index visar hur säsongsindex ser ut för artikeln

De olika åren har ett liknande mönster från år till år. Dessutom syns trenden då kurvorna för respektive år ligger på olika nivåer. Detta är en artikel med ett relativt stabilt säsongs mönster, se figur 2. Det är troligt att med ett någorlunda bra säsongsindex kommer prognossäkerheten att öka.

2. Med eller utan säsongsindex

För artikel 24 finns det inga extrema värden för de 12 första perioderna, därför utgör medelvärdet (18) för år 1 startvärdet, se tabell 1-3. År 1 har dessutom inte en trend vilket gör medelvärdet användbart. MAD, MSE, MAPE är bättre utan index än med. Därför väljs med utan säsongsindex

Index	Exponentiell utjämning			
	0,05	0,1	0,2	0,3
MAD	20,9	16,0	11,3	9,5
MSE	685,5	410,4	207,0	139,7
CFE	501	385	256	189
PIS	3958	3225	2343	1857
MAPE	39,0	30,2	22,2	20,0

Tabell 1. Sammanställning av prognosfel för exponentiell utjämning med säsong index.

Utan	Exponentiell utjämning			
	0,05	0,1	0,2	0,3
MAD	22,0	17,5	14,1	13,3
MSE	828,2	571,6	379,5	315,3
CFE	512	401	276	208
PIS	3961	3271	2430	1965
MAPE	41,8	34,0	29,4	29,5

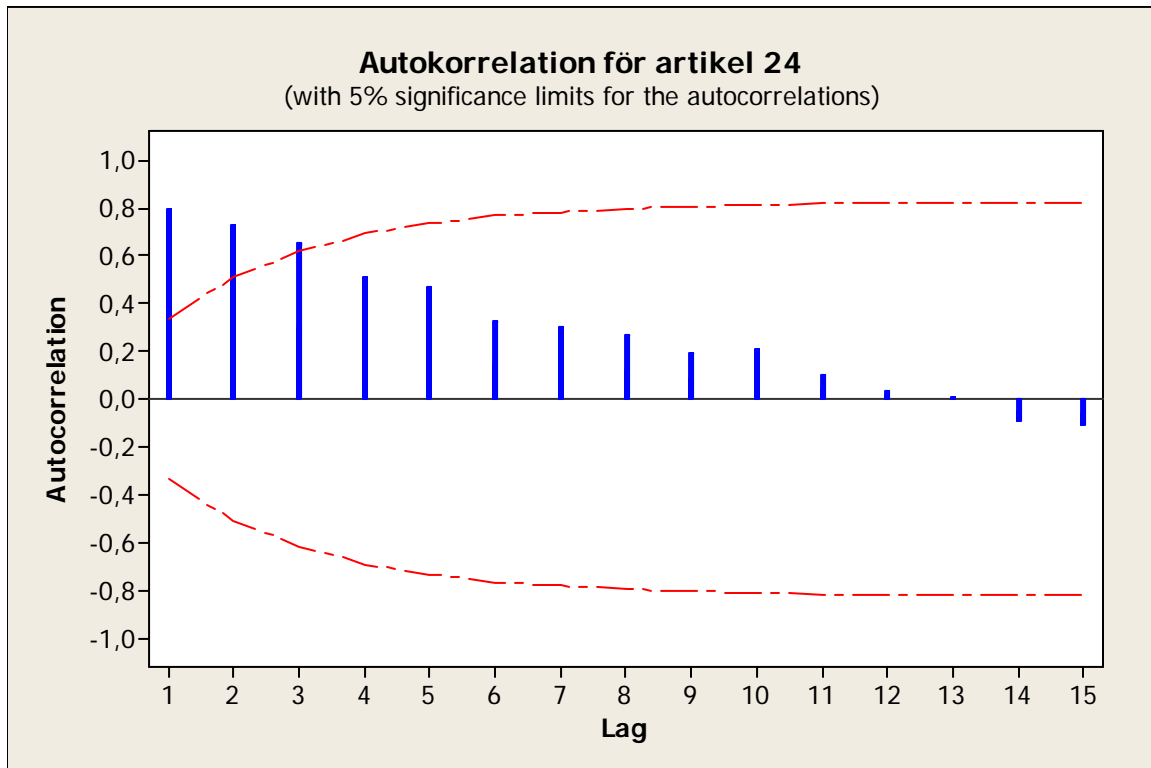
Tabell 2. Sammanställning av prognosfel för exponentiell utjämning utan säsong index.

	ARSSES		ARSSES index	
	Begräns.	Utan	Begräns.	Utan
MAD	14,3	14,1	8,4	8,5
MSE	324,3	320,3	112,8	114,4
CFE	157	154	124	125
PIS	1830	1763	1341	1365
MAPE	33,8	33,5	20	20,3

Tabell 3. Sammanställning av prognosfel för adaptiv exponentiell utjämning.

3. Val av prognosmetod

Då säsongindex visade sig ge sämre resultat bestäms autokorrelationen med index. För artikel 24 är den första autokorrelationen cirka 0,8, se figur 3. Då det finns ett starkt fallande mönster bland tidsförskjutning 1 till 3 och som fortsätter till tidsförskjutning 6. Det fallande mönstret är typiskt för en stark trend. Tabell 3 tyder på att adaptiv exponentiell utjämning med index är lämplig. Det finns en positiv autokorrelation och efterfrågan plottad med centrerat glidande medelvärde visar att artikel har någon form av trend.



figur 3. Autokorrelationsdiagram med säsongindex för artikel 24. De röda, streckade linjerna markerar hur stark en autokorrelation måste vara för att vara statistiskt säkerställd med en felrisk på 5 procent.

4. Undersök om det är möjligt att komma under ”gränsvärdet” för prognosfel

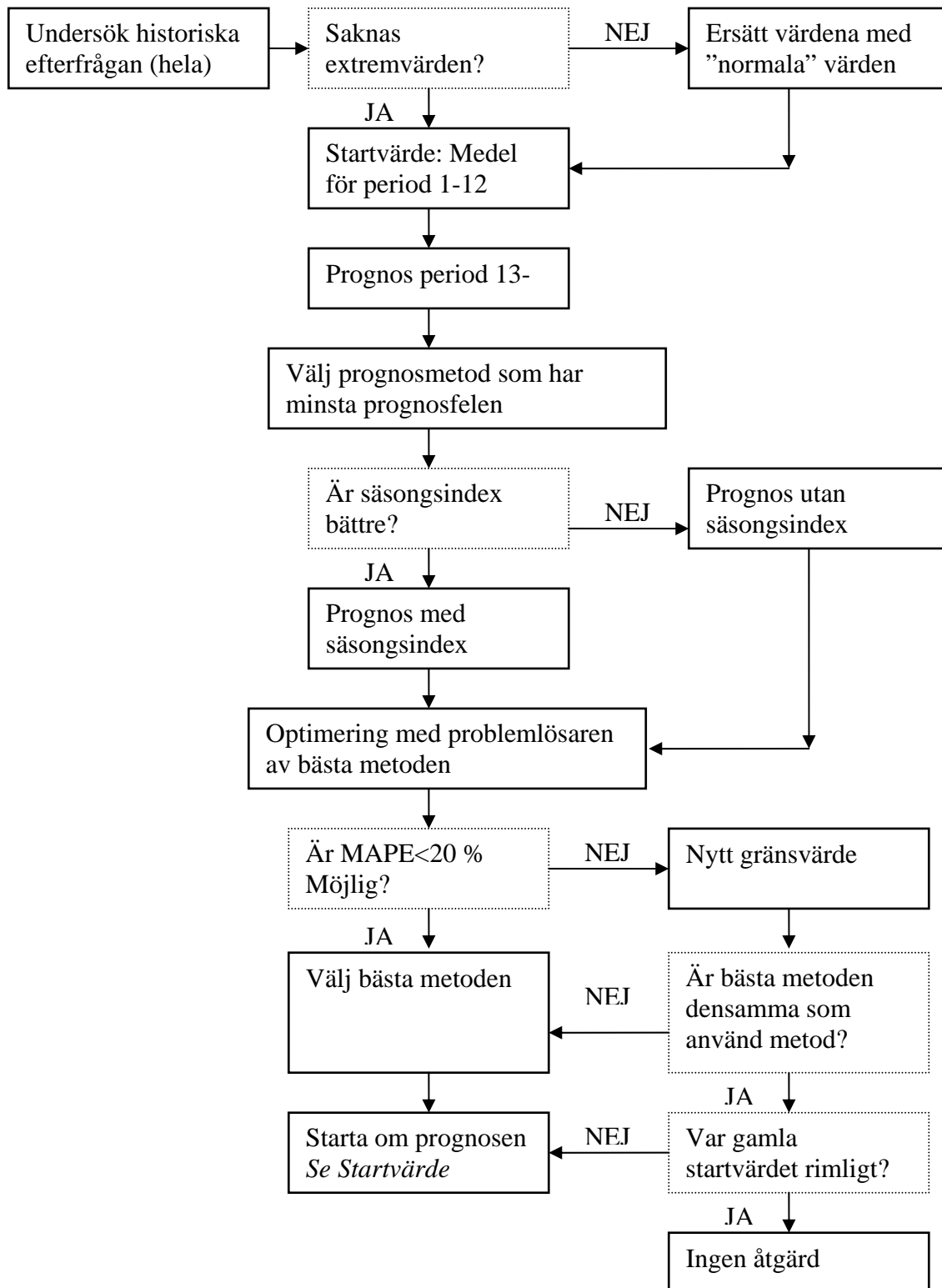
I fallet med artikel 24 ligger MAPE- värdet på omkring 20 procent vid en optimering av den adaptiva metoden med säsongindex, vilket gör att 20 procent inte är ett rimligt gränsvärde. 30 procent är rimligare i detta fall.

5. Startvärde

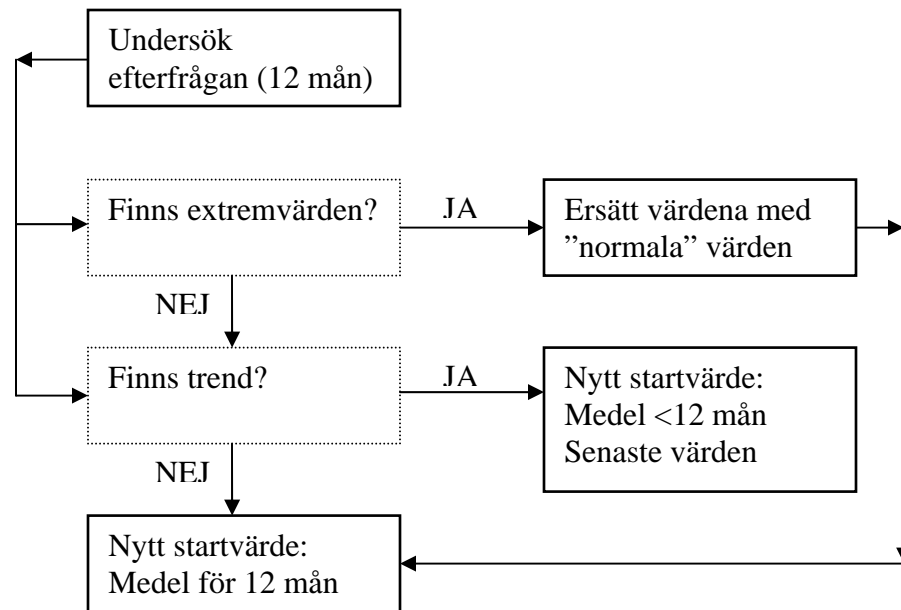
För artikel 24 finns tecken på en stark trend i både autokorrelationen, figur 3, och centrerat glidande medelvärde, figur 1. Om det är troligt att trenden kommer att fortsätta kan det vara rimligt att använda exempelvis medelvärdet för det senaste halvåret. Är säsongsexponenten passande kan medelvärdet baseras på de säsongrensade värdena. Vid osäkerhet eller tvivel på att trenden kommer att fortsätt används de senaste 12 månaderna som startvärde.

Bilaga E – Flödesscheman för prognosutvärdering

Flödesschema för utvärdering



Flödesschema för val av startvärde



Värt att notera är att värden på olika parametrar vid prognossimuleringarna gäller enbart för det historiska materialet och det är tveksamt om det fungerar lika bra på framtida prognoser. Därför bör inte parameterinställningarna tolkas som optimala.

Bilaga F – Beräkning av urvalsstorlek

Urvalsstorleken med normalfördelat material bestäms genom att börja med att bestämma den ”icke justerade” urvalsstorleken som är avgörande konfidensgrad, felmarginal och populationsstorleken, ekvation 1. Därefter beräknas urvalsstorlek i ekvation 2. (Hellmer och Klefsjö, 1989)

$$n_0 = \left(\frac{\lambda \cdot 0,5}{d} \right)^2 \quad (1)$$

n_0 = ”Icke justerad” urvalsstorlek

λ = Värde för vald konfidensgrad (från normalfördelningstabell)

d = Högsta accepterade felmarginal

$$n \geq \frac{n_0}{1 - \frac{n_0}{N}} \quad (2)$$

n = Urvalsstorlek

N = Antal i populationen

Om konfidensgraden sätts till 95 % och den högst accepterade felmarginalen är 5 % blir resultatet följande:

$$n_0 = \left(\frac{1,96 \cdot 0,5}{0,05} \right)^2 = 384,16 \quad (3)$$

$$n \geq \frac{n_0}{1 - \frac{n_0}{N}} = \frac{384,16}{1 - \frac{384,16}{25000}} \approx 378,35 \quad (4)$$

Vid användande av statistiska metoder som kräver normalfördelningsantagande krävs minst 379 artiklar. Observera att ovanstående beräkningar inte innebär att materialet som har använts anses vara normalfördelat. Detta exempel visar snarare den mängd artiklar som erfordras för att kunna dra statistiskt signifikanta slutsatser.

Bilaga G – Sammanställning av artiklar

Artikel A

Index	Exponentiell utjämning				Glidande medelvärde		
	0,05	0,1	0,2	0,3	5 MA	9 MA	13 MA
MAD	26,0	25,9	24,0	23,0	22,8	25,9	25,6
MSE	1354,5	1357,6	1349,6	1345,5	1187,4	1368,2	1286,7
CFE	-118	-136	-101	-34	-60	-148	-161
PIS	1918	1192	781	1168	426	-35	365
MAPE	82,0	79,1	68,0	60,1	60,8	77,8	77,9

Utan	Exponentiell utjämning				Glidande medelvärde			Naiv
	0,05	0,1	0,2	0,3	5 MA	9 MA	13 MA	
MAD	25,6	25,2	24,1	23,2	23,7	25,0	24,9	24,6
MSE	1321,2	1336,5	1377,4	1417,3	1389,2	1306,0	1271,6	1382,8
CFE	-105	-120	-88	-27	-73	-117	-141	31,20577
PIS	1820	1135	708	1056	62	261	540	8,918564
MAPE	87,2	83,6	74,5	66,5	71,8	77,4	79,2	72,2

	HW-naiv (index)				ARSSSES utan		ARSSSES index	
	0,05	0,1	0,2	0,3	Begräns.	Utan	Begräns.	Utan
MAD	22,4	21,4	21,4	21,8	21,5	20,5	21,0	19,5
MSE	1264,2	1262,2	1287,8	1332,5	1276,7	1119,7	1251,0	1059,0
CFE	-28	-49	-19	14	143	84	134	86
PIS	2474	1790	1508	1555	3912	2956	3890	2984
MAPE	67,7	63,1	57,6	55,6	59,1	61,1	54,1	53,0

Artikel B

Index	Exponentiell utjämning				Glidande medelvärde		
	0,05	0,1	0,2	0,3	5 MA	9 MA	13 MA
MAD	7,7	7,8	8,1	8,3	8,2	8,5	8,3
MSE	84,8	80,5	84,2	91,3	89,6	89,4	87,3
CFE	96	71	43	30	18	34	55
PIS	797	659	484	387	297	331	491
MAPE	20,1	20,6	21,4	22,0	31,1	29,9	27,9

Utan	Exponentiell utjämning				Glidande medelvärde			Naiv
	0,05	0,1	0,2	0,3	5 MA	9 MA	13 MA	
MAD	8,4	8,1	7,9	8,0	8,1	8,2	7,8	11,3
MSE	107,8	99,0	95,3	97,4	99,8	98,8	94,4	179,9
CFE	104	82	57	45	44	59	72	16,3
PIS	704	594	445	357	322	469	583	128,2
MAPE	23,3	22,9	22,9	23,5	23,3	23,8	22,5	34,1

	HW-naiv (index)				ARSSSES		ARSSSES index	
	0,05	0,1	0,2	0,3	Begräns.	Utan	Begräns.	Utan
MAD	7,5	7,6	7,8	7,9	7,7	7,8	8,4	8,4
MSE	78,0	74,8	77,9	84,1	86,3	87,5	94,0	93,5
CFE	86	64	40	30	26	26	47	44
PIS	727	610	461	378	30	17	422	356
MAPE	20,1	20,4	21,1	21,6	23,1	23,3	22,4	22,6

Artikel C

Index	Exponentiell utjämning				Glidande medelvärde		
	0,05	0,1	0,2	0,3	5 MA	9 MA	13 MA
MAD	9245,5	9385,9	9443,0	9555,5	9817,1	9960,7	9479,4
MSE	2,4E+08	2,5E+08	2,5E+08	2,6E+08	2,7E+08	2,7E+08	2,6E+08
CFE	-43589	-37399	-20796	-9416	-6652	-38419	-46698
PIS	168331	46067	-1697	21218	3616	-310625	-243048
MAPE	24,7	25,1	25,3	25,8	35,1	36,8	33,9

Utan	Exponentiell utjämning				Glidande medelvärde			Naiv
	0,05	0,1	0,2	0,3	5 MA	9 MA	13 MA	
MAD	9911,9	10201,2	10554,1	10649,4	11961,3	10334,6	10044,1	11631,6
MSE	2,8E+08	2,8E+08	3,0E+08	3,2E+08	3,4E+08	2,9E+08	2,8E+08	5,1E+08
CFE	-38896	-31949	-20933	-14830	-710	-17627	-31778	-4172
PIS	44162	-63422	-181040	-212546	-103939	-142746	-136210	-33095
MAPE	29,5	30,1	30,8	30,9	34,8	30,4	29,3	35,1

	HW-naiv (index)				ARSSSES		ARSSSES index	
	0,05	0,1	0,2	0,3	Begräns.	Utan	Begräns.	Utan
MAD	8742,0	9006,0	9164,6	9321,4	9036,4	8948,4	8602,1	8544,0
MSE	2,5E+08	2,5E+08	2,6E+08	2,7E+08	2,7E+08	2,7E+08	2,3E+08	2,3E+08
CFE	-36316	-31054	-19084	-11135	58437	56898	65296	64211
PIS	169247	65323	-14915	-27319	1343021	1308962	1341809	1313913
MAPE	23,4	24,2	24,7	25,3	24,6	24,3	22,3	22,2

Artikel D

Index	Exponentiell utjämning				Glidande medelvärde		
	0,05	0,1	0,2	0,3	5 MA	9 MA	13 MA
MAD	43,1	44,6	44,4	44,2	52,5	59,9	62,9
MSE	3084,8	3283,5	3373,5	3199,3	4330,0	5736,5	6666,0
CFE	-154	47	168	181	121	-11	-81
PIS	-6582	-4025	-1650	-807	-2305	-6368	-7814
MAPE	20,9	19,9	18,7	18,5	36,6	32,4	32,4

Utan	Exponentiell utjämning				Glidande medelvärde			Naiv
	0,05	0,1	0,2	0,3	5 MA	9 MA	13 MA	
MAD	124,3	121,7	113,3	109,3	125,0	136,4	117,2	78,9
MSE	20641,2	20875,9	19843,3	18738,1	24848,7	26544,0	20046,5	10495,1
CFE	-91	141	270	308	410	305	176	79
PIS	-10606	-7262	-4309	-2704	-2668	-4690	-6250	-666
MAPE	57,3	53,5	47,3	43,9	48,9	58,3	52,6	31,8

	HW-naiv (index)				ARSSES		ARSSES index	
	0,05	0,1	0,2	0,3	Begräns.	Utan	Begräns.	Utan
MAD	41,4	42,8	42,6	42,0	117,3	114,7	45,1	45,6
MSE	2628,8	2875,6	3048,3	2966,8	19489,4	18672,3	3214,6	3324,3
CFE	-108	63	166	177	232	220	208	195
PIS	-5442	-3269	-1250	-533	-2425	-2651	-1152	-1458
MAPE	19,8	19,1	18,0	17,6	47,2	46,4	19,1	19,4

Artikel E

Index	Exponentiell utjämning				Glidande medelvärde		
	0,05	0,1	0,2	0,3	5 MA	9 MA	13 MA
MAD	1855,1	1726,3	1613,8	1563,5	1729,5	1861,6	1736,0
MSE	5,6E+06	5,8E+06	5,7E+06	5,5E+06	6,3E+06	7,1E+06	5,9E+06
CFE	-5523	1470	7499	9550	9781	7284	3197
PIS	-238411	-164027	-77298	-30023	-50637	-119819	-163779
MAPE	104,4	91,1	79,4	74,2	88,3	82,6	79,7

Utan	Exponentiell utjämning				Glidande medelvärde			Naiv
	0,05	0,1	0,2	0,3	5 MA	9 MA	13 MA	
MAD	2060,0	1989,8	1884,4	1869,6	1994,5	2087,7	1913,0	1806,1
MSE	7,1E+06	7,0E+06	6,9E+06	6,7E+06	7,7E+06	8,3E+06	6,9E+06	6,1E+06
CFE	-6122	59	4789	6444	7472	5795	2175	757
PIS	-255224	-184003	-105926	-58936	-70018	-123439	-165676	-19318
MAPE	121,6	110,0	98,7	92,8	106,1	108,7	101,6	82,7

	HW-naiv (index)				ARSSES		ARSSES index	
	0,05	0,1	0,2	0,3	Begräns.	Utan	Begräns.	Utan
MAD	1611,2	1560,2	1535,4	1511,3	2016,0	1684,3	1528,0	1425,9
MSE	4,7E+06	5,0E+06	5,2E+06	5,2E+06	7,5E+06	6,4E+06	5,9E+06	4,9E+06
CFE	-1786	3917	8622	10049	8870	9655	13248	11979
PIS	-178284	-118479	-51136	-15705	944	-1813	44106	25207
MAPE	86,4	77,6	71,4	68,5	92,7	74,3	65,6	62,8

Artikel F

Index	Exponentiell utjämning				Glidande medelvärde		
	0,05	0,1	0,2	0,3	5 MA	9 MA	13 MA
MAD	5897,1	6003,5	6211,0	6443,1	6409,0	6115,5	5744,1
MSE	5,2E+07	5,3E+07	5,6E+07	6,1E+07	6,0E+07	5,4E+07	5,1E+07
CFE	222	412	-2969	-6071	-25040	-7334	-1120
PIS	-311195	-266318	-220712	-200338	-445265	-404118	-403462
MAPE	11,6	11,9	12,3	12,7	25,2	22,5	20,1

Utan	Exponentiell utjämning				Glidande medelvärde			Naiv
	0,05	0,1	0,2	0,3	5 MA	9 MA	13 MA	
MAD	6489,8	6432,8	6615,9	6867,8	7360,0	6432,8	6291,2	7708,5
MSE	9,3E+07	9,4E+07	9,4E+07	9,5E+07	1,0E+08	1,0E+08	9,0E+07	1,0E+08
CFE	16931	23643	24817	21270	29436	31363	29102	2922
PIS	-354413	-244401	-134891	-89658	-51006	-126531	-193401	635
MAPE	13,0	12,9	13,2	13,7	14,5	12,8	12,6	15,6

	HW-naiv (index)				ARSSSES		ARSSSES index	
	0,05	0,1	0,2	0,3	Begräns.	Utan	Begräns.	Utan
MAD	5037,4	5126,7	5255,8	5387,7	7535,3	7383,0	6202,8	6272,3
MSE	3,4E+07	3,4E+07	3,7E+07	4,0E+07	1,2E+08	1,2E+08	6,1E+07	6,0E+07
CFE	943	1104	-1770	-4406	44366	44463	5820	10252
PIS	-258445	-220300	-181535	-164217	243130	221141	-207451	-172562
MAPE	9,6	9,8	10,1	10,4	14,9	14,6	12,0	12,1

Artikel G

Index	Exponentiell utjämning				Glidande medelvärde		
	0,05	0,1	0,2	0,3	5 MA	9 MA	13 MA
MAD	16973,4	16340,1	15638,1	15186,0	15448,7	16231,3	14344,5
MSE	4,1E+08	3,9E+08	3,7E+08	3,8E+08	3,6E+08	3,8E+08	3,2E+08
CFE	-175414	-121940	-71693	-49348	-56597	-117884	-122882
PIS	-2461501	-1985182	-1412475	-1093856	-1271531	-2302529	-2482831
MAPE	15,0	14,5	14,0	13,7	25,9	26,5	24,1

Utan	Exponentiell utjämning				Glidande medelvärde			Naiv
	0,05	0,1	0,2	0,3	5 MA	9 MA	13 MA	
MAD	16845,0	16746,3	16782,6	16389,4	18902,3	18554,6	16449,7	17018,9
MSE	4,7E+08	4,6E+08	4,5E+08	4,5E+08	5,3E+08	5,1E+08	4,4E+08	4,6E+08
CFE	-140471	-72677	-15193	4931	22786	-16472	-45259	406
PIS	-2674432	-1995695	-1238138	-846492	-856506	-1386929	-1809168	-271895
MAPE	17,0	16,5	16,1	15,5	17,6	17,9	16,2	16,0

	HW-naiv (index)				ARSSSES		ARSSSES index	
	0,05	0,1	0,2	0,3	Begräns.	Utan	Begräns.	Utan
MAD	14000,0	13372,6	12954,8	13027,0	16203,7	16085,8	16086,2	15870,0
MSE	3,0E+08	2,9E+08	2,8E+08	2,9E+08	4,5E+08	4,5E+08	3,9E+08	3,8E+08
CFE	-144620	-99167	-56457	-37464	20724	24225	-83198	-84587
PIS	-2031811	-1626940	-1140139	-869313	-540544	-488876	-1246358	-1296002
MAPE	12,4	11,9	11,5	11,5	15,4	15,3	14,5	14,3

Artikel 1

Index	Exponentiell utjämning				Glidande medelvärde		
	0,05	0,1	0,2	0,3	5 MA	9 MA	13 MA
MAD	4481,3	4509,8	4727,7	5057,1	4939,6	4920,5	4974,6
MSE	3,1E+07	3,2E+07	3,4E+07	3,7E+07	3,8E+07	3,6E+07	3,7E+07
CFE	3287	8817	10978	11643	15270	2774	8417
PIS	-258666	-145372	-48744	-15644	24162	-126901	-161322
MAPE	30,0	29,8	30,8	32,1	25,6	25,6	24,0

Utan	Exponentiell utjämning				Glidande medelvärde			Naiv
	0,05	0,1	0,2	0,3	5 MA	9 MA	13 MA	
MAD	6518,1	6669,6	6893,6	7150,5	6934,9	6739,1	6486,4	7389,2
MSE	5,5E+07	5,7E+07	6,1E+07	6,6E+07	6,5E+07	6,0E+07	5,6E+07	7,5E+07
CFE	2709	7246	7487	6765	9306	6623	10485	-3193
PIS	-338012	-220877	-120999	-82437	-51248	-97813	-145094	-12115
MAPE	51,3	51,7	52,9	53,9	54,5	52,9	50,4	50,9

	HW-naiv (index)				ARSSES		ARSSES index	
	0,05	0,1	0,2	0,3	Begräns.	Utan	Begräns.	Utan
MAD	4728,4	4860,8	5167,5	5474,1	7517,6	7003,8	5342,3	5202,4
MSE	3,2E+07	3,3E+07	3,6E+07	4,0E+07	7,4E+07	6,8E+07	4,2E+07	4,0E+07
CFE	3191	8081	10477	11681	-19505	-38830	-27495	-25876
PIS	-215518	-118549	-34426	-3993	-460698	-624387	-543549	-494316
MAPE	32,1	32,4	33,8	35,0	59,5	59,4	37,8	36,8

Artikel 2

Index	Exponentiell utjämning				Glidande medelvärde		
	0,05	0,1	0,2	0,3	5 MA	9 MA	13 MA
MAD	68,3	64,5	64,5	66,0	69,2	64,2	63,6
MSE	5919,3	5567,2	5730,4	6243,3	6379,8	5770,8	5535,4
CFE	-643	-382	-161	-41	-385	-425	-498
PIS	-8272	-5704	-2796	-991	-4767	-6902	-7918
MAPE	85,5	77,0	73,1	72,8	82,9	81,0	81,5

Utan	Exponentiell utjämning				Glidande medelvärde			Naiv
	0,05	0,1	0,2	0,3	5 MA	9 MA	13 MA	
MAD	64,1	60,3	59,5	61,3	61,5	59,9	58,8	91,1
MSE	5579,7	5379,8	5553,0	5925,0	5816,9	5533,6	5267,5	12613,6
CFE	-636	-388	-130	0	-118	-202	-324	-86
PIS	-9211	-6965	-4243	-2630	-3063	-4921	-6434	-1066
MAPE	82,7	74,7	69,7	69,6	68,6	70,6	71,7	102,1

	HW-naiv (index)				ARSSES		ARSSES index	
	0,05	0,1	0,2	0,3	Begräns.	Utan	Begräns.	Utan
MAD	66,2	64,8	63,9	64,3	70,3	77,8	57,3	87,3
MSE	5622,0	5543,2	5690,7	6004,9	7191,7	7909,8	5905,9	11169,0
CFE	-437	-266	-95	-6	-306	-632	400	-1022
PIS	-6212	-4603	-2600	-1298	-7440	-8799	1889	-10822
MAPE	82,1	77,1	72,6	71,4	81,9	95,0	57,0	107,7

Artikel 3

Index	Exponentiell utjämning				Glidande medelvärde		
	0,05	0,1	0,2	0,3	5 MA	9 MA	13 MA
MAD	65,9	67,1	69,7	71,7	75,4	69,6	66,6
MSE	6645,6	6752,2	7156,5	7599,6	8385,4	7408,1	6420,1
CFE	469	303	211	210	200	84	171
PIS	7848	5642	3617	2887	2026	2073	3689
MAPE	35,1	36,7	38,6	39,6	40,6	41,8	37,2

Utan	Exponentiell utjämning				Glidande medelvärde			Naiv
	0,05	0,1	0,2	0,3	5 MA	9 MA	13 MA	
MAD	70,5	72,5	75,1	79,0	76,3	74,6	71,6	114,1
MSE	8147,8	8303,4	8883,2	9555,3	9744,4	8685,6	7950,6	16740,6
CFE	512	352	237	204	221	214	268	1
PIS	7467	5503	3597	2816	2192	3452	4660	866
MAPE	48,0	50,6	52,9	55,0	53,3	53,6	50,5	70,0

	HW-naiv (index)				ARSSSES		ARSSSES index	
	0,05	0,1	0,2	0,3	Begräns.	Utan	Begräns.	Utan
MAD	69,2	71,0	74,4	77,7	85,2	83,9	78,7	78,1
MSE	7089,5	7240,6	7784,2	8407,0	11361,9	11221,9	9412,6	9356,1
CFE	461	324	250	252	761	745	796	783
PIS	7295	5432	3726	3115	9129	8814	8806	8517
MAPE	38,1	40,0	42,1	43,7	53,0	52,3	39,9	39,7

Artikel 4

Index	Exponentiell utjämning				Glidande medelvärde		
	0,05	0,1	0,2	0,3	5 MA	9 MA	13 MA
MAD	816,6	834,1	872,8	896,3	958,3	904,8	848,0
MSE	1,0E+06	1,0E+06	1,1E+06	1,1E+06	1,4E+06	1,2E+06	1,0E+06
CFE	-5107	-3700	-3556	-3870	-5208	-4063	-2611
PIS	-114992	-85196	-57978	-47824	-44381	-73767	-86883
MAPE	23,6	23,7	24,4	24,9	40,5	37,3	33,8

Utan	Exponentiell utjämning				Glidande medelvärde			Naiv
	0,05	0,1	0,2	0,3	5 MA	9 MA	13 MA	
MAD	634,4	610,4	618,1	632,2	623,7	638,4	662,0	773,0
MSE	6,6E+05	6,3E+05	5,8E+05	5,6E+05	5,5E+05	6,4E+05	7,1E+05	8,2E+05
CFE	-3656	-1418	-485	-599	-452	157	446	114
PIS	-122092	-85766	-51940	-39130	-27561	-46468	-67308	-9602
MAPE	20,6	19,5	19,5	19,8	19,2	20,0	20,6	24,2

	HW-naiv (index)				ARSSSES		ARSSSES index	
	0,05	0,1	0,2	0,3	Begräns.	Utan	Begräns.	Utan
MAD	749,8	767,8	802,0	814,1	663,1	651,6	917,7	907,8
MSE	8,1E+05	8,2E+05	8,8E+05	9,2E+05	6,5E+05	6,4E+05	1,3E+06	1,3E+06
CFE	-4409	-3214	-3091	-3358	-2019	-1857	-5009	-4864
PIS	-101052	-75725	-52590	-43959	-67595	-63468	-68616	-65379
MAPE	22,1	22,2	22,7	22,8	21,2	20,8	25,7	25,3

Artikel 5

Index	Exponentiell utjämning				Glidande medelvärde		
	0,05	0,1	0,2	0,3	5 MA	9 MA	13 MA
MAD	425,6	390,9	364,6	338,0	340,0	407,5	438,6
MSE	2,67E+05	2,35E+05	2,08E+05	1,97E+05	2,01E+05	2,54E+05	2,89E+05
CFE	-4875	-2679	-1661	-1161	-971	-1404	-1566
PIS	-104357	-74929	-50783	-36358	-26998	-51688	-68303
MAPE	47,6	41,9	36,9	32,5	38,5	46,8	50,1

Utan	Exponentiell utjämning				Glidande medelvärde			Naiv
	0,05	0,1	0,2	0,3	5 MA	9 MA	13 MA	
MAD	449,9	415,6	388,9	386,2	393,8	423,3	433,0	480,8
MSE	2,95E+05	2,69E+05	2,42E+05	2,34E+05	2,19E+05	2,67E+05	3,03E+05	3,82E+05
CFE	-4731	-2454	-1007	-934	-401	-659	-1019	-134
PIS	-109699	-79362	-49032	-39397	-29022	-47672	-65496	-9921
MAPE	55,1	48,3	42,4	41,2	41,4	47,1	49,3	47,9

	HW-naiv (index)				ARSSSES		ARSSSES index	
	0,05	0,1	0,2	0,3	Begräns.	Utan	Begräns.	Utan
MAD	395,4	365,0	341,3	341,1	429,5	416,8	340,4	331,5
MSE	2,37E+05	2,17E+05	2,01E+05	1,96E+05	2,69E+05	2,59E+05	2,02E+05	1,98E+05
CFE	-4164	-2297	-1081	-770	1529	1334	458	468
PIS	-90641	-65627	-40212	-29238	-10588	-14132	-18513	-17750
MAPE	43,7	38,7	33,8	32,6	40,5	40,4	30,9	29,6

Artikel 6

Index	Exponentiell utjämning				Glidande medelvärde		
	0,05	0,1	0,2	0,3	5 MA	9 MA	13 MA
MAD	40,8	40,1	39,4	39,7	39,6	44,1	44,3
MSE	2964,5	2786,8	2573,3	2516,7	2438,9	3006,8	3246,6
CFE	317	289	214	168	155	191	288
PIS	182	867	1470	1741	1478	930	811
MAPE	62,1	60,6	59,5	59,1	52,1	61,7	63,9

Utan	Exponentiell utjämning				Glidande medelvärde			Naiv
	0,05	0,1	0,2	0,3	5 MA	9 MA	13 MA	
MAD	47,1	46,8	46,6	46,2	45,5	48,5	48,7	59,4
MSE	3689,6	3559,2	3454,1	3523,0	3349,3	3661,8	3751,8	5429,6
CFE	313	281	197	142	124	206	296	-16
PIS	-257	390	929	1165	700	838	722	294
MAPE	79,6	78,5	77,5	76,1	77,4	80,6	80,2	85,1

	HW-naiv (index)				ARSSSES		ARSSSES index	
	0,05	0,1	0,2	0,3	Begräns.	Utan	Begräns.	Utan
MAD	39,5	39,4	39,3	40,1	47,0	45,1	40,5	39,3
MSE	2610,2	2519,0	2449,3	2500,6	3752,0	3583,9	2622,4	2577,6
CFE	274	249	188	154	207	168	237	228
PIS	578	1159	1681	1930	986	659	1404	1209
MAPE	61,1	60,5	60,0	60,1	78,0	75,1	60,4	58,3

Artikel 7

Index	Exponentiell utjämning				Glidande medelvärde		
	0,05	0,1	0,2	0,3	5 MA	9 MA	13 MA
MAD	852,7	791,0	776,9	772,4	837,5	777,7	805,8
MSE	1,32E+06	1,09E+06	9,63E+05	9,52E+05	1,05E+06	9,59E+05	1,09E+06
CFE	16391	12321	8561	7197	7203	6882	9927
PIS	170553	138916	103207	85670	76125	89869	117650
MAPE	22,7	22,6	23,9	24,4	21,0	19,7	17,8

Utan	Exponentiell utjämning				Glidande medelvärde			Naiv
	0,05	0,1	0,2	0,3	5 MA	9 MA	13 MA	
MAD	1178,3	1144,2	1151,8	1175,2	1175,1	1134,0	1101,4	1328,8
MSE	2,16E+06	1,98E+06	1,95E+06	2,04E+06	2,14E+06	1,94E+06	1,88E+06	2,60E+06
CFE	16232	11877	7580	5801	5796	7122	9905	956
PIS	158654	126467	88986	70205	60794	92444	118444	23174
MAPE	39,7	41,1	43,6	45,1	46,2	43,8	41,0	52,7

	HW-naiv (index)				ARSSSES		ARSSSES index	
	0,05	0,1	0,2	0,3	Begräns.	Utan	Begräns.	Utan
MAD	886,9	821,6	806,2	831,6	1230,9	1220,1	748,9	736,0
MSE	1,25E+06	1,09E+06	1,02E+06	1,06E+06	2,31E+06	2,30E+06	9,10E+05	8,95E+05
CFE	14768	11357	8277	7225	9717	9453	6398	6077
PIS	157040	130323	100377	85841	137401	133245	99399	92647
MAPE	26,2	25,8	26,8	28,0	43,3	43,3	23,1	23,0

Artikel 8

Index	Exponentiell utjämning				Glidande medelvärde		
	0,05	0,1	0,2	0,3	5 MA	9 MA	13 MA
MAD	41,4	40,2	40,4	42,6	44,5	42,0	44,4
MSE	2425,2	2290,0	2339,2	2493,3	2618,0	2514,9	2683,5
CFE	-447	-283	-148	-99	-117	-163	-244
PIS	-6766	-5135	-3452	-2673	-2493	-4520	-5446
MAPE	27,0	25,5	25,1	26,2	34,4	30,0	30,2

Utan	Exponentiell utjämning				Glidande medelvärde			Naiv
	0,05	0,1	0,2	0,3	5 MA	9 MA	13 MA	
MAD	45,5	43,6	43,5	43,2	47,1	46,2	43,2	49,6
MSE	3258,3	3207,6	3261,1	3311,2	3758,8	3514,2	3183,9	3935,3
CFE	-422	-242	-86	-31	17	-59	-176	3
PIS	-7440	-5658	-3801	-2930	-2409	-3853	-5015	-779
MAPE	30,5	28,5	27,6	27,2	29,8	29,0	27,6	28,4

	HW-naiv (index)				ARSSSES		ARSSSES index	
	0,05	0,1	0,2	0,3	Begräns.	Utan	Begräns.	Utan
MAD	39,1	38,1	38,8	40,7	44,9	44,5	41,7	41,3
MSE	2128,6	2063,1	2146,2	2297,9	3359,8	3283,3	2364,4	2319,6
CFE	-383	-244	-129	-88	-111	-103	-115	-109
PIS	-5947	-4561	-3130	-2468	-3912	-3727	-3250	-3087
MAPE	25,2	24,0	23,8	24,7	28,8	28,5	25,9	25,6

Artikel 9

Index	Exponentiell utjämning				Glidande medelvärde		
	0,05	0,1	0,2	0,3	5 MA	9 MA	13 MA
MAD	14860,2	13520,7	13055,3	13238,0	13111,4	14223,1	13239,4
MSE	3,19E+08	2,71E+08	2,57E+08	2,62E+08	2,60E+08	2,84E+08	2,49E+08
CFE	261762	184721	115171	88955	68144	83691	141335
PIS	2837132	2169600	1475081	1157950	903565	1028689	1585435
MAPE	15,6	14,4	14,2	14,6	26,7	27,5	24,1

Utan	Exponentiell utjämning				Glidande medelvärde			Naiv
	0,05	0,1	0,2	0,3	5 MA	9 MA	13 MA	
MAD	18851,5	17340,3	16289,9	16084,8	16997,8	16248,0	16412,1	20377,8
MSE	4,87E+08	4,31E+08	4,13E+08	4,25E+08	4,43E+08	4,00E+08	3,92E+08	6,45E+08
CFE	282624	213222	144696	112593	113075	147085	186657	37435
PIS	2678593	2103810	1474623	1162419	1011803	1516208	1923128	389084
MAPE	21,6	20,7	20,2	20,3	21,5	20,1	19,8	26,8

	HW-naiv (index)				ARSSES		ARSSES index	
	0,05	0,1	0,2	0,3	Begräns.	Utan	Begräns.	Utan
MAD	14056,3	13247,4	13068,1	13325,2	20238,1	20058,3	15715,4	15502,5
MSE	2,77E+08	2,40E+08	2,28E+08	2,34E+08	6,18E+08	6,12E+08	3,34E+08	3,28E+08
CFE	232277	166792	107675	85391	242714	239559	174846	171193
PIS	2564659	1997257	1406916	1137354	2680978	2610391	2138566	2047614
MAPE	14,7	14,4	14,8	15,3	24,1	23,8	16,8	16,5

Artikel 10

Index	Exponentiell utjämning				Glidande medelvärde		
	0,05	0,1	0,2	0,3	5 MA	9 MA	13 MA
MAD	9,8	9,8	9,9	9,8	9,9	10,4	10,0
MSE	120,4	118,2	117,3	116,4	140,4	150,9	135,3
CFE	-62	-44	-28	-16	-66	-68	-57
PIS	-885	-630	-348	-178	-462	-631	-706
MAPE	96,5	93,4	90,8	87,8	115,4	124,1	117,2

Utan	Exponentiell utjämning				Glidande medelvärde			Naiv
	0,05	0,1	0,2	0,3	5 MA	9 MA	13 MA	
MAD	7,9	7,9	8,0	8,0	7,6	8,2	8,2	8,7
MSE	84,8	84,4	84,3	84,3	78,8	95,3	95,6	107,8
CFE	-56	-38	-23	-15	-27	-33	-29	-2
PIS	-917	-632	-337	-183	-258	-382	-519	-100
MAPE	79,1	75,9	73,8	71,8	68,5	77,5	77,1	68,0

	HW-naiv (index)				ARSSES		ARSSES index	
	0,05	0,1	0,2	0,3	Begräns.	Utan	Begräns.	Utan
MAD	9,0	9,2	9,4	9,5	8,1	7,8	9,9	10,6
MSE	103,4	107,9	111,6	112,4	92,8	84,9	122,4	145,5
CFE	-48	-38	-29	-21	6	-6	-33	-82
PIS	-671	-464	-241	-109	88	-62	-363	-871
MAPE	89,8	89,9	89,4	87,7	70,1	70,0	94,5	103,8

Artikel 11

Index	Exponentiell utjämning				Glidande medelvärde		
	0,05	0,1	0,2	0,3	5 MA	9 MA	13 MA
MAD	19,6	20,0	21,5	22,5	23,8	21,0	17,8
MSE	744,5	774,5	871,3	959,5	994,2	825,0	686,9
CFE	178	108	50	30	1	31	72
PIS	2056	1336	586	264	-24	200	769
MAPE	21,2	22,0	23,9	25,0	37,5	33,8	28,7

Utan	Exponentiell utjämning				Glidande medelvärde			Naiv
	0,05	0,1	0,2	0,3	5 MA	9 MA	13 MA	
MAD	20,0	19,4	19,7	20,1	19,8	19,1	18,9	25,5
MSE	770,9	760,0	789,3	836,5	798,2	780,5	764,8	1467,7
CFE	218	165	115	90	100	126	145	35
PIS	2078	1576	1017	728	761	1129	1438	300
MAPE	21,7	21,6	22,4	23,2	22,6	21,8	21,4	28,3

	HW-naiv (index)				ARSSES		ARSSES index	
	0,05	0,1	0,2	0,3	Begräns.	Utan	Begräns.	Utan
MAD	17,4	17,7	19,0	20,1	21,4	21,4	22,7	22,7
MSE	685,7	708,7	786,1	859,9	930,5	945,4	1045,8	1046,6
CFE	157	97	48	31	191	201	124	127
PIS	1802	1190	552	279	1758	1920	1356	1401
MAPE	18,4	19,0	20,6	21,7	23,6	23,5	24,6	24,7

Artikel 12

Index	Exponentiell utjämning				Glidande medelvärde		
	0,05	0,1	0,2	0,3	5 MA	9 MA	13 MA
MAD	6,6	6,2	6,0	6,1	7,0	6,3	6,1
MSE	59,5	54,2	55,2	60,3	69,5	53,0	49,6
CFE	-83	-55	-22	-5	-49	-64	-72
PIS	-955	-737	-462	-285	-645	-808	-882
MAPE	98,8	87,4	76,1	73,4	110,8	100,9	100,3

Utan	Exponentiell utjämning				Glidande medelvärde			Naiv
	0,05	0,1	0,2	0,3	5 MA	9 MA	13 MA	
MAD	5,6	5,3	5,2	5,2	5,8	5,4	5,4	7,2
MSE	41,2	36,6	37,9	40,8	45,8	37,3	39,5	76,9
CFE	-72	-39	-11	7	-23	-37	-49	-12
PIS	-908	-612	-296	-93	-335	-514	-657	-121
MAPE	90,1	77,0	69,6	66,3	82,8	78,0	83,0	90,9

	HW-naiv (index)				ARSSES		ARSSES index	
	0,05	0,1	0,2	0,3	Begräns.	Utan	Begräns.	Utan
MAD	6,0	5,8	5,8	5,9	5,4	6,7	6,5	8,6
MSE	52,0	50,3	52,1	55,7	47,6	62,4	76,3	114,2
CFE	-61	-45	-25	-14	6	-73	-8	-104
PIS	-718	-575	-403	-289	-267	-938	-492	-1395
MAPE	91,4	84,8	79,2	76,8	67,5	99,4	75,4	117,9

Artikel 13

Index	Exponentiell utjämning				Glidande medelvärde		
	0,05	0,1	0,2	0,3	5 MA	9 MA	13 MA
MAD	98,4	93,0	90,0	90,6	96,5	91,4	93,4
MSE	12019,3	11196,5	11157,0	11467,5	13195,2	11385,1	11089,9
CFE	-795	-365	36	221	-495	-583	-606
PIS	-15047	-9725	-3436	-178	-8969	-11523	-13430
MAPE	154,8	140,2	126,1	119,0	162,3	164,6	164,4

Utan	Exponentiell utjämning				Glidande medelvärde			Naiv
	0,05	0,1	0,2	0,3	5 MA	9 MA	13 MA	
MAD	84,1	82,2	80,3	81,4	81,5	83,2	84,2	98,5
MSE	9360,5	8969,5	8974,0	9250,6	9656,4	9082,3	9493,7	15359,5
CFE	-787	-311	57	272	-95	-212	-295	70
PIS	-16071	-10519	-4802	-1176	-4990	-7857	-10544	-1722
MAPE	139,7	126,4	112,6	104,3	114,9	126,0	130,4	133,6

	HW-naiv (index)				ARSSES		ARSSES index	
	0,05	0,1	0,2	0,3	Begräns.	Utan	Begräns.	Utan
MAD	92,7	88,9	85,1	83,7	85,8	86,0	92,7	119,4
MSE	10785,9	10273,2	10063,9	10167,3	10181,5	10658,9	12154,5	24769,7
CFE	-773	-483	-220	-72	341	-644	286	-1248
PIS	-14129	-10639	-6682	-4398	-441	-10622	245	-19285
MAPE	145,2	134,6	122,1	114,0	108,0	140,4	118,3	204,7

Artikel 14

Index	Exponentiell utjämning				Glidande medelvärde		
	0,05	0,1	0,2	0,3	5 MA	9 MA	13 MA
MAD	6,9	6,6	6,3	6,2	7,1	6,6	5,8
MSE	62,7	58,2	55,9	56,5	69,5	60,1	51,5
CFE	-91	-64	-43	-36	-41	-43	-45
PIS	-1344	-1040	-676	-506	-517	-769	-947
MAPE	120,4	109,6	98,8	93,2	115,4	114,7	107,6

Utan	Exponentiell utjämning				Glidande medelvärde			Naiv
	0,05	0,1	0,2	0,3	5 MA	9 MA	13 MA	
MAD	6,1	5,7	5,6	5,6	6,2	5,8	5,5	6,8
MSE	53,3	48,9	47,0	46,8	53,0	52,6	49,2	69,2
CFE	-79	-48	-24	-16	-22	-25	-32	-12
PIS	-1299	-938	-541	-338	-379	-611	-834	-136
MAPE	112,7	98,1	88,1	82,8	91,9	93,2	92,1	82,0

	HW-naiv (index)				ARSSES		ARSSES index	
	0,05	0,1	0,2	0,3	Begräns.	Utan	Begräns.	Utan
MAD	5,7	5,5	5,6	5,5	6,0	5,6	7,0	5,9
MSE	49,9	48,0	49,1	51,0	50,5	48,0	72,8	53,7
CFE	-66	-44	-28	-22	-14	-24	-22	-44
PIS	-1053	-792	-513	-372	-479	-592	-520	-657
MAPE	97,4	89,3	83,9	80,4	84,8	82,3	92,7	83,2

Artikel 15

Index	Exponentiell utjämning				Glidande medelvärde		
	0,05	0,1	0,2	0,3	5 MA	9 MA	13 MA
MAD	8,2	8,2	8,3	8,5	7,8	8,2	8,1
MSE	102,0	102,0	106,7	115,0	98,0	102,4	98,0
CFE	-46	-36	-20	-8	-10	-35	-38
PIS	-223	-215	-154	-84	-190	-376	-370
MAPE	47,7	46,9	46,6	47,1	49,9	54,4	53,0

Utan	Exponentiell utjämning				Glidande medelvärde			Naiv
	0,05	0,1	0,2	0,3	5 MA	9 MA	13 MA	
MAD	8,5	8,4	8,7	9,0	8,7	8,5	8,4	12,0
MSE	104,4	106,2	114,0	124,9	108,3	106,5	104,0	210,9
CFE	-42	-30	-13	-2	-3	-20	-29	4
PIS	-277	-241	-156	-73	-168	-240	-278	-57
MAPE	51,9	50,5	50,3	50,9	49,2	49,2	49,8	64,4

	HW-naiv (index)				ARSSES		ARSSES index	
	0,05	0,1	0,2	0,3	Begräns.	Utan	Begräns.	Utan
MAD	8,5	8,5	8,5	8,7	9,8	10,2	8,6	9,6
MSE	107,4	108,3	113,0	121,7	132,3	140,3	111,2	130,1
CFE	-41	-32	-16	-5	-25	-50	-22	-47
PIS	-175	-166	-101	-31	-291	-660	-153	-544
MAPE	48,4	48,0	47,0	47,6	55,9	59,7	48,0	55,0

Artikel 16

Index	Exponentiell utjämning				Glidande medelvärde		
	0,05	0,1	0,2	0,3	5 MA	9 MA	13 MA
MAD	204,8	200,7	199,9	206,8	212,7	218,3	212,1
MSE	59932,9	60023,2	63278,2	69673,1	67209,7	67475,1	61898,3
CFE	-355	-5	493	1148	-759	-967	-902
PIS	4475	6774	10683	15847	-1009	-3342	-2814
MAPE	152,4	142,4	132,5	125,4	151,0	160,8	157,0

Utan	Exponentiell utjämning				Glidande medelvärde			Naiv
	0,05	0,1	0,2	0,3	5 MA	9 MA	13 MA	
MAD	215,6	215,7	217,1	223,4	222,1	224,8	220,2	324,5
MSE	61795,2	63001,3	67484,7	74955,4	70823,4	67403,4	63704,9	154070,7
CFE	-361	22	478	1078	-670	-749	-773	-370
PIS	2844	6008	9398	14306	-1250	-1461	-1668	-733
MAPE	183,3	174,5	166,6	161,4	190,4	195,4	191,9	203,3

	HW-naiv (index)				ARSSES		ARSSES index	
	0,05	0,1	0,2	0,3	Begräns.	Utan	Begräns.	Utan
MAD	203,9	205,6	206,8	212,5	228,6	244,5	214,9	220,1
MSE	64953,5	65640,6	66800,8	69231,4	82786,2	78784,5	78420,4	66623,3
CFE	-173	-71	232	465	2312	-1818	2134	-876
PIS	6548	7093	9538	11601	26637	-9219	27147	-666
MAPE	157,5	154,3	147,7	143,1	131,4	205,1	104,2	164,7

Artikel 17

Index	Exponentiell utjämning				Glidande medelvärde		
	0,05	0,1	0,2	0,3	5 MA	9 MA	13 MA
MAD	33,4	39,7	50,2	55,5	76,4	53,1	44,0
MSE	2530,7	3567,5	6569,6	8894,7	17790,9	5918,7	3445,3
CFE	-288	-418	-614	-688	-1405	-929	-688
PIS	-2259	-2237	-1941	-1517	-7002	-8828	-8167
MAPE	115,2	119,3	126,4	131,2	259,6	213,6	188,5

Utan	Exponentiell utjämning				Glidande medelvärde			Naiv
	0,05	0,1	0,2	0,3	5 MA	9 MA	13 MA	
MAD	50,7	49,7	50,0	49,0	48,4	51,4	47,6	48,0
MSE	4368,6	4399,0	4699,5	4755,4	4507,6	4794,2	4163,8	4622,4
CFE	94	204	341	380	250	268	212	73
PIS	-4272	-2757	-910	69	-922	-1812	-2550	-173
MAPE	288,5	260,6	228,9	208,9	220,7	252,5	251,3	150,6

	HW-naiv (index)				ARSSES		ARSSES index	
	0,05	0,1	0,2	0,3	Begräns.	Utan	Begräns.	Utan
MAD	36,0	40,3	49,1	53,0	52,1	41,8	43,1	55,1
MSE	2698,0	3554,0	5603,4	7098,3	5088,3	3584,3	4931,1	9908,8
CFE	-278	-424	-639	-727	340	211	-458	-793
PIS	-2311	-2771	-3253	-3336	512	-674	-1728	-3452
MAPE	128,1	132,9	139,6	142,7	195,2	179,3	122,8	138,8

Artikel 18

Index	Exponentiell utjämning				Glidande medelvärde		
	0,05	0,1	0,2	0,3	5 MA	9 MA	13 MA
MAD	53,6	61,1	70,5	76,5	81,8	69,9	56,6
MSE	5626,9	6449,2	7829,5	8906,8	10259,5	7584,0	5504,0
CFE	108	-163	-373	-432	-608	-469	-320
PIS	4618	1472	-1781	-3178	-4647	-3489	-1212
MAPE	22,6	25,5	29,0	31,2	49,6	45,1	39,3

Utan	Exponentiell utjämning				Glidande medelvärde			Naiv
	0,05	0,1	0,2	0,3	5 MA	9 MA	13 MA	
MAD	62,2	61,9	62,0	63,8	65,8	65,7	62,3	76,8
MSE	6076,0	6186,6	6467,7	6674,1	7235,5	6943,5	6140,3	9051,8
CFE	428	318	241	216	235	246	227	88
PIS	5252	3866	2502	1930	1555	2370	3251	632
MAPE	25,7	26,3	27,0	28,0	28,8	28,1	26,8	33,6

	HW-naiv (index)				ARSSES		ARSSES index	
	0,05	0,1	0,2	0,3	Begräns.	Utan	Begräns.	Utan
MAD	52,2	56,3	64,9	70,6	62,9	62,3	69,5	69,4
MSE	5190,2	5789,4	6820,2	7644,6	6282,3	6117,3	7548,7	7534,1
CFE	105	-125	-303	-353	296	278	-248	-248
PIS	4027	1353	-1412	-2599	2981	2634	-256	-257
MAPE	22,2	24,0	27,1	29,1	26,9	26,8	28,6	28,6

Artikel 19

Index	Exponentiell utjämning				Glidande medelvärde		
	0,05	0,1	0,2	0,3	5 MA	9 MA	13 MA
MAD	109,1	109,4	109,8	112,2	117,8	125,8	116,9
MSE	17485,1	18321,0	19670,7	20075,8	23195,3	25618,9	22224,6
CFE	-958	-293	223	370	384	227	-142
PIS	-21868	-14933	-7836	-4722	-5259	-9953	-14722
MAPE	156,2	141,3	124,3	114,5	108,1	119,9	122,8

Utan	Exponentiell utjämning				Glidande medelvärde			Naiv
	0,05	0,1	0,2	0,3	5 MA	9 MA	13 MA	
MAD	154,7	153,1	148,3	143,2	156,5	166,3	144,4	104,0
MSE	32950,6	32274,8	31803,8	31168,1	37256,2	39148,1	30605,2	20732,6
CFE	-1089	-471	52	256	284	33	-276	-22
PIS	-25141	-18278	-10681	-6618	-7544	-12468	-16397	-2322
MAPE	223,1	202,2	174,0	152,3	163,2	203,5	197,3	82,5

	HW-naiv (index)				ARSSES		ARSSES index	
	0,05	0,1	0,2	0,3	Begräns.	Utan	Begräns.	Utan
MAD	106,3	108,0	111,2	113,7	142,4	128,3	115,3	100,9
MSE	15910,9	17520,9	19621,5	20566,4	33801,7	28081,9	24294,8	16925,3
CFE	-597	-44	384	500	431	181	578	91
PIS	-17195	-11423	-5482	-2898	-2028	-5616	1016	-6147
MAPE	140,8	129,5	116,8	108,6	137,7	132,7	106,6	109,0

Artikel 20

Index	Exponentiell utjämning				Glidande medelvärde		
	0,05	0,1	0,2	0,3	5 MA	9 MA	13 MA
MAD	130,5	131,0	137,7	141,9	146,7	137,1	122,9
MSE	24168,8	24735,8	27184,5	29606,5	33983,6	27364,3	22689,5
CFE	-852	-627	-272	-35	-1040	-983	-968
PIS	-8394	-8004	-6984	-5826	-10150	-11633	-11171
MAPE	77,2	72,9	68,8	67,2	110,7	98,5	94,0

Utan	Exponentiell utjämning				Glidande medelvärde			Naiv
	0,05	0,1	0,2	0,3	5 MA	9 MA	13 MA	
MAD	126,3	127,8	131,4	134,5	129,2	129,3	127,2	187,5
MSE	22065,8	23063,4	26296,3	29773,1	24668,0	23520,6	22606,6	58614,0
CFE	-579	-229	225	510	-115	-212	-402	-203
PIS	-8272	-5927	-2881	-878	-3028	-4869	-6195	-1002
MAPE	75,5	70,5	64,0	59,9	70,7	72,4	75,1	113,2

	HW-naiv (index)				ARSSES		ARSSES index	
	0,05	0,1	0,2	0,3	Begräns.	Utan	Begräns.	Utan
MAD	125,6	126,9	129,6	130,7	147,3	141,9	152,9	147,1
MSE	22044,1	22853,6	24279,2	25384,5	40609,1	33926,8	38719,7	36299,7
CFE	-619	-544	-430	-338	227	-1371	-1321	-1450
PIS	-6540	-6447	-6005	-5317	-9651	-14622	-16852	-15461
MAPE	65,3	64,5	64,4	65,2	59,4	92,4	97,0	95,1

Artikel 21

Index	Exponentiell utjämning				Glidande medelvärde		
	0,05	0,1	0,2	0,3	5 MA	9 MA	13 MA
MAD	154,0	166,1	184,1	200,3	210,8	190,7	192,3
MSE	244772,0	247021,7	254988,1	265881,7	269267,5	254391,8	253096,6
CFE	2380	1642	993	714	740	966	1034
PIS	33378	27716	20511	16103	16248	21856	26194
MAPE	69,4	91,6	112,0	116,0	135,5	104,4	102,7

Utan	Exponentiell utjämning				Glidande medelvärde			Naiv
	0,05	0,1	0,2	0,3	5 MA	9 MA	13 MA	
MAD	172,1	191,4	216,8	232,8	244,1	228,6	209,4	254,9
MSE	250248,3	255100,0	267663,4	280021,6	297843,3	272566,8	258619,6	400259,6
CFE	2222	1362	622	389	327	438	756	84
PIS	30987	24225	16086	11782	10466	16869	22952	3644
MAPE	110,9	146,5	175,5	174,5	256,9	206,9	166,2	101,7

	HW-naiv (index)				ARSSES		ARSSES index	
	0,05	0,1	0,2	0,3	Begräns.	Utan	Begräns.	Utan
MAD	151,6	168,7	194,2	208,7	266,7	264,5	250,5	247,3
MSE	243385,9	247291,6	259006,0	271960,7	344545,6	333334,0	382504,2	369737,1
CFE	2148	1567	938	726	-436	-490	-499	-539
PIS	30146	25678	19540	15819	4581	3811	4336	3618
MAPE	60,8	78,1	98,2	102,4	183,4	183,9	128,6	127,6

Artikel 22

Index	Exponentiell utjämning				Glidande medelvärde		
	0,05	0,1	0,2	0,3	5 MA	9 MA	13 MA
MAD	3,2	2,9	2,6	2,5	3,0	3,1	3,0
MSE	17,9	13,6	10,3	9,2	13,1	14,6	14,0
CFE	-53	-35	-20	-13	-27	-39	-40
PIS	-654	-469	-262	-136	-311	-587	-678
MAPE	78,2	70,7	63,8	59,9	88,3	90,2	87,1

Utan	Exponentiell utjämning				Glidande medelvärde			Naiv
	0,05	0,1	0,2	0,3	5 MA	9 MA	13 MA	
MAD	3,3	3,0	3,1	3,3	3,1	3,0	2,9	3,8
MSE	17,2	15,3	14,8	15,5	14,0	14,6	15,2	21,1
CFE	-48	-28	-10	-3	-5	-11	-19	-7
PIS	-794	-583	-339	-204	-249	-403	-535	-84
MAPE	95,1	84,0	76,7	73,6	75,6	79,2	81,3	71,1

	HW-naiv (index)				ARSSES		ARSSES index	
	0,05	0,1	0,2	0,3	Begräns.	Utan	Begräns.	Utan
MAD	3,1	2,7	2,6	2,5	3,3	3,3	3,3	3,1
MSE	15,4	12,4	10,5	9,8	16,4	16,7	17,2	14,2
CFE	-50	-33	-20	-14	8	-20	-19	-35
PIS	-590	-425	-258	-158	-64	-387	-378	-426
MAPE	73,4	67,2	63,9	61,9	66,5	90,2	83,5	81,8

Artikel 23

Index	Exponentiell utjämning				Glidande medelvärde		
	0,05	0,1	0,2	0,3	5 MA	9 MA	13 MA
MAD	9,7	9,7	10,0	10,1	10,3	10,5	10,8
MSE	119,0	120,2	126,8	129,6	132,8	136,5	145,0
CFE	49	45	51	55	58	50	50
PIS	338	246	195	198	266	101	142
MAPE	53,3	54,3	56,4	57,8	44,7	44,2	44,3

Utan	Exponentiell utjämning				Glidande medelvärde			Naiv
	0,05	0,1	0,2	0,3	5 MA	9 MA	13 MA	
MAD	11,9	11,9	11,9	12,1	12,8	12,0	12,4	13,3
MSE	185,8	190,7	200,2	211,7	211,7	192,8	195,5	265,8
CFE	57	56	55	55	45	48	46	11
PIS	319	277	247	253	96	112	129	55
MAPE	77,9	78,8	81,0	84,1	87,5	78,0	81,3	107,4

	HW-naiv (index)				ARSSES		ARSSES index	
	0,05	0,1	0,2	0,3	Begräns.	Utan	Begräns.	Utan
MAD	9,9	10,0	10,2	10,1	13,6	13,6	10,7	10,4
MSE	128,2	131,1	134,1	137,1	277,2	272,9	181,7	168,1
CFE	40	41	46	51	135	134	134	128
PIS	241	185	163	179	1122	1132	1094	1086
MAPE	59,6	60,5	61,9	62,8	86,1	86,0	56,5	55,8

Artikel 24

Index	Exponentiell utjämning				Glidande medelvärde		
	0,05	0,1	0,2	0,3	5 MA	9 MA	13 MA
MAD	20,9	16,0	11,3	9,5	9,1	12,1	14,9
MSE	685,5	410,4	207,0	139,7	139,4	237,4	345,2
CFE	501	385	256	189	176	273	347
PIS	3958	3225	2343	1857	1693	2383	2971
MAPE	39,0	30,2	22,2	20,0	22,1	23,6	27,9

Utan	Exponentiell utjämning				Glidande medelvärde			Naiv
	0,05	0,1	0,2	0,3	5 MA	9 MA	13 MA	
MAD	22,0	17,5	14,1	13,3	13,2	14,1	15,9	12,5
MSE	828,2	571,6	379,5	315,3	333,3	417,8	485,5	246,5
CFE	512	401	276	208	201	293	360	48
PIS	3961	3271	2430	1965	1713	2449	3012	663
MAPE	41,8	34,0	29,4	29,5	28,2	28,5	31,1	34,0

	HW-naiv (index)				ARSSES		ARSSES index	
	0,05	0,1	0,2	0,3	Begräns.	Utan	Begräns.	Utan
MAD	18,4	14,4	10,9	9,3	14,3	14,1	8,4	8,5
MSE	540,1	338,1	187,6	137,1	324,3	320,3	112,8	114,4
CFE	438	339	230	173	157	154	124	125
PIS	3551	2927	2177	1764	1830	1763	1341	1365
MAPE	34,5	27,7	22,8	20,9	33,8	33,5	20,0	20,3

Kommentarer

- Måttet PIS (lagerdagar) är mätt enligt definitionen för den successiva förändringen.
- Felen avser period 13-36. Startvärdet är medelvärdet av period 1-12
- ARRSES är den adaptiva exponentiella utjämningen
- ”Begräns” står för begränsning och betyder att prognosen har gjorts med begränsningen för att förhindra slumppåverkan. Begränsningen simulerar den begränsning som finns i prognosystemet. ”Utan” betyder att ingen begränsning, av den typ som Ahlsells prognosystem, har används.