

Mål med mening: Statistisk kvalitetsudvikling med seriediagrammer

Jacob Anhøj
Overlæge, DIT, Rigshospitalet

31. august 2014

jacob.anhoej@regionh.dk

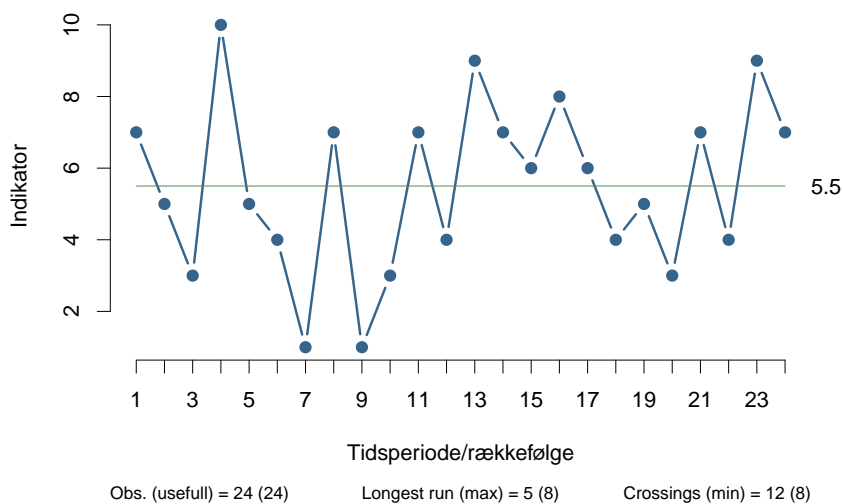
Indhold

Indhold	1
1 Indledning: Variationsbegrebet	3
2 Seriediagrammets anatomi og fysiologi	4
3 Signaler om ikke-tilfældig variation	5
3.1 Skiftsignalet	6
3.2 Krydssignalet	7
3.3 Andre signaler	8
4 Seriediagrammets sensitivitet og specificitet	9
5 Principper for brug af seriediagrammer	10
6 Konklusion: Seriediagrammet som redskab til påvisning af kvalitetsforbedring eller -forværring	11
Litteratur	12
7 Appendiks 1: Praktisk brug og fortolkning af seriediagrammer	13
8 Appendiks 2: Grænseværdier for længste serie og antal kryds i seriediagrammer	15

Resumé

Seriediagrammet er en nyttigt og enkelt redskab til at skelne mellem tilfældige måleudsving og ikke-tilfældige forandringer i indikatormålinger over tid. Evnen til at skelne tilfældigt fra ikke-tilfældigt er afgørende ved planlægning og gennemførelse af initiativer til kvalitetsforbedring.

Denne artikel gennemgår seriediagrammets teoretiske baggrund og praktiske anvendelse med fokus på kvalitetsforbedring i sundhedsvæsenet.



1 Indledning: Variationsbegrebet

Data er grundlaget for al kvalitetsudvikling. Lord Kelvin skulle have udtrykt det således: “*If you can not measure it, you can not improve it.*”

På nogle punkter stilles der særlige krav til data, som skal bruges til kvalitetsudvikling, i forhold til data til kontrol- eller forskningsformål [1]. For hurtigt at kunne identificere forandringer i de processer, man arbejder med, er det nødvendigt at samle og analysere data hyppigt – dagligt, ugentligt eller, til nød, månedligt. Enkle før-efter-målinger er sjældent tilstrækkelige og kan være direkte misvisende. Det er også vigtigt at vide, at den enkelte indikatoremåling isoleret set sjældent har interesse. Det er det overordnede niveau og ikke mindst graden og typen af variation over tid, der er interessant.

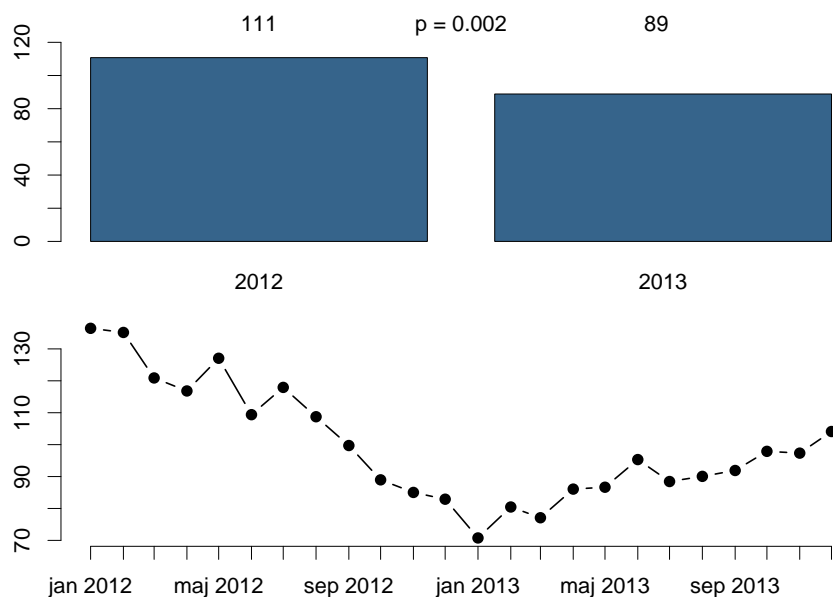
Det er helt afgørende at kunne skelne mellem tilfældig og ikke-tilfældig variation i indikatoremålinger. **Tilfældig variation** er en del af alle processer og er altid til stede. En tilfældig proces er stabil og inden for visse rammer forudsigelig. **Ikke-tilfældig variation** kan tilskrives udefrakommende påvirkninger, som griber ind og påvirker dele af en proces og kan være resultatet af ønskede forbedringer eller uønskede forværringer [2]. Ikke-tilfældig variation viser sig ved mønstre og tendenser i indikatoremålingerne over tid og kan påvises med enkle statistiske test i seriediagrammer.

Begrebet **proces** skal i denne sammenhæng forstås bredt som forbundne aktiviteter, der har til formål at frembringe et produkt eller en ydelse. En proces modtager input og afleverer output. Forekomsten af fx hospitalsinfektioner kan således opfattes som resultatet (output) af et kompliceret samspil mellem i forvejen syge mennesker (input) og de aktiviteter, fx håndhygiejne, antibiotikaforbrug, anvendelse af katetre osv., som kan påvirke risikoen for infektion.

Det er vigtigt at forstå processers dynamiske natur. Fx er forekomsten af hospitalsinfektioner sjældent præcis den samme fra uge til uge. Der vil altid være variation, og blot fordi den ene måling er større end den anden, kan man ikke slutte, at processen har forandret sig. Derfor, og fordi valget af forbedringsstrategi afhænger af variationstypen, er det, som sagt, vigtigt at kunne skelne mellem tilfældig og ikke-tilfældig variation.

Variation over tid lader sig dårligt analysere med traditionelle deskriptive og komparative statistiske metoder, som normalt bruges inden for sundhedsvidenskab og administration [2]. Som figur 1 på side 4 illustrerer, risikerer man at komme galt af sted, hvis man forlader sig på enkle før- og efter-målinger. Inden for statistisk kvalitetsudvikling benytter man derfor små stikprøver, som tages hyppigt og analyseres med serie- og/eller kontrolgrammer.

Det er vigtigt at understrege, at hverken tilfældig eller ikke-tilfældig variation i sig selv er god eller dårlig. Men strategien til at kontrollere og forbedre kvaliteten afhænger, som sagt, af typen af variation. En stabil og forudsigelig (dvs. tilfældig) proces kan levere utilfredsstillende mange defekte “produkter”, fx infektioner eller postoperative komplikationer. I så fald bør strategien ret-



Figur 1: Figuren viser en fiktiv kvalitetsindikator præsenteret på to forskellige måder. Søjlerne viser, at kvaliteten *gennemsnitligt* var signifikant højere i 2012 end i 2013. Kurven viser de samme data, men opgjort månedsvis. Det er tydeligt, at selv om gennemsnittet var højest i 2012, var kvaliteten markant faldende men begyndte at stige året efter. Som figuren illustrerer bør man til kvalitetsudviklingsformål derfor aldrig forlade sig alene på komparative analyser af enkle punktmålinger eller gennemsnitsværdier samlet over længere tidsperioder. En simpelt kurve, som viser hyppige indkatormålingerne i den rækkefølge de er indsamlet kan afsløre væsentlig information, som drukner, når data aggregeres.

te sig mod at redesigne de nødvendige arbejdsgange snarere end at forsøge at kontrollere dem med skiftende korrigerende tiltag udført på baggrund af tilfældigt høje eller lave indikatorværdier. Dette kaldes *tampering*, og er en kunstfejl, som resulterer i øget variation og dermed ringere kvalitet [2, 3]. Omvendt er det vigtigt at erkende defekter, som skyldes ikke-tilfældige, udefrakommende påvirkninger af produktionen i den hensigt at eliminere disse.

Seriediagrammet er et nyttigt og enkelt redskab til at studere udviklingen af kvalitet over tid og til at afgøre, om den proces, man studerer, indeholder andet end blot tilfældig variation [3, 4, 5]. Denne artikel forklarer seriediagrammets teoretiske baggrund og praktiske anvendelse.

2 Seriediagrammets anatomi og fysiologi

Seriediagrammet er et kurvediagram med indikatorværdien på y-aksen og tiden eller rækkefølgen på x-aksen (figur 2 på side 6). Midt i diagrammet markerer

en vandret linje medianen, som deler datapunkterne, så halvdelen ligger over medianen og halvdelen ligger under. Hvert datapunkt repræsenterer indikatorværdien i en enkelt stikprøve.

Indikatorer fra (kliniske) arbejdsgange kaldes **procesindikatorer**. Det kan fx være andelen af indlagte patienter, som har fået målt vitalværdier ved indlæggelsen eller ventetiden fra henvisning til undersøgelse. Indikatorer, som repræsenterer (kliniske) *outcomes*, fx postoperativ mortalitet eller navlesnors-pH hos nyfødte, kalder man for **resultatindikatorer**.

Hvis den proces, man studerer, kun udviser tilfældig variation, vil datapunkterne fordele sig tilfældigt omkring medianen. Ved "tilfældigt" forstås, at man aldrig på forhånd kan vide, på hvilken side af medianen det næste punkt vil falde, men at sandsynligheden for begge udfald er lige stor, 50 %, og at datapunkterne er indbyrdes uafhængige, dvs. at placeringen af ét datapunkt ikke påvirker placeringen af det næste datapunkt. Hvis processen på et tidspunkt begynder at ændre sig, så niveauet stiger eller falder betydeligt, ændres disse forudsætninger, og der opstår særlige mønstre i datapunkternes fordeling. Disse mønstre kalder vi signaler.

3 Signaler om ikke-tilfældig variation

I teorien kan man opfinde mange signaler til identifikation af ikke-tilfældig variation. Men i praksis har særligt to signaler vist sig anvendelige:

Skiftsignal: Der optræder usædvanlig lange serier af datapunkter på samme side af medianen.

Krydssignal: Kurven krydser medianen usædvanlig få gange.

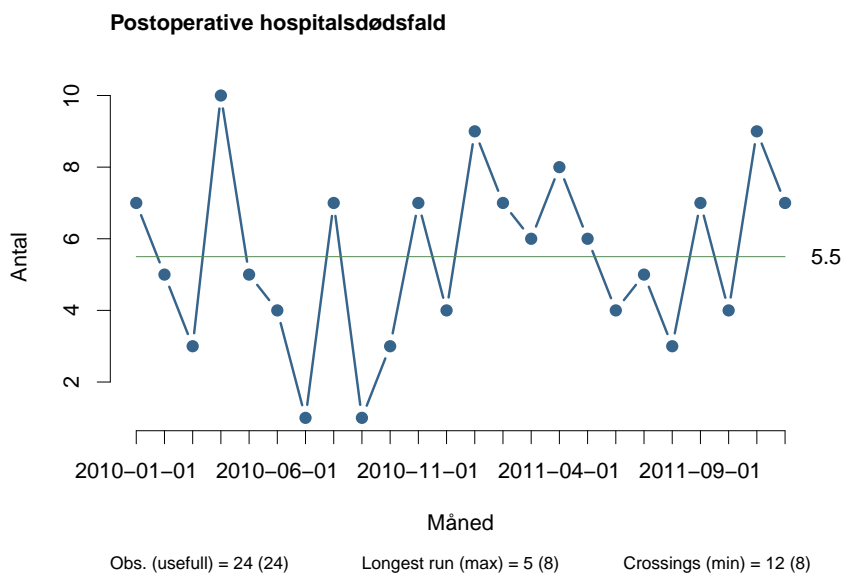
De to signaler udtrykker to sider af samme sag, nemlig at processen bevæger sig væk fra medianen, og ofte vil man se dem sammen. Men tilstedeværelsen af blot det ene signal er diagnostisk for ikke-tilfældig variation.

Grænsen for hvor mange datapunkter, der skal til et skiftsignal, eller hvor få kryds, der skal til et krydssignal, afhænger af det totale antal datapunkter i diagrammet og kan beregnes eller slås op i en tabel (Appendiks 2: Grænseværdier for længste serie og antal kryds i seriediagrammer). Seriediagrammet i figur 2 på side 6 viser et eksempel på en proces, som kun udviser tilfældig variation.

Datapunkter, som falder direkte på medianen, indgår ikke i analysen. De hverken bryder eller bidrager til en serie. Datapunkter, som ikke falder på medianen kaldes **brugbare observationer**, og det er antallet af disse, som benyttes ved beregning af grænseværdierne eller opslag i tabellen.

Figur 3 på side 7 viser et eksempel på analyse af et seriediagram, hvor flere datapunkter falder på medianen.

I figur 4 på side 8 er begge signaler i aktion i et lokalt forbedringsprojekt om implementering af nye retningslinjer for observation af indlagte patienter på en medicinsk afdeling.



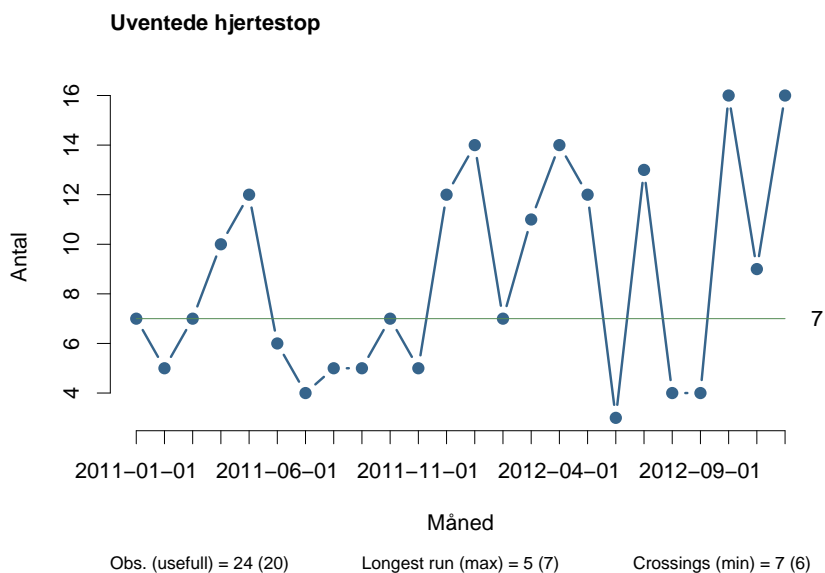
Figur 2: Seriediagrammet viser forekomsten af hospitalsdødsfald efter kirurgi på et dansk sygehus og indeholder i alt 24 datapunkter. Medianen er 5,5. Den længste serie af datapunkter på samme side af medianen er 5 (punkt 13–17), og kurven krydser medianen 12 gange. Ifølge tabellen på side 15 er den øvre grænse for længste serie 8 og nedre grænse for antal kryds 8. Diagrammet viser således kun tilfældig variation.

3.1 Skiftsignalet

Skiftsignalet bygger på *theory of long runs* og er beskrevet af bl.a. Schilling [6]. En serie (*run*) er en række af ens elementer i en sekvens. Det kan fx være plat og krone, plus og minus, mænd og kvinder eller datapunkter over og under medianen. Teorien er i øvrigt ikke begrænset til situationer med kun to slags elementer eller udfald med lige stor sandsynlighed. Men disse tilfælde er naturligvis enklest at regne på.

Kaster man fx en mønt 12 gange kunne udfaldet være dette: P K K K P K P P K K K K. Der er i alt 6 serier, og den længste serie er på 4 elementer. Ifølge teorien er den forventede længste serie lig med $\log_2(n)$, hvor n er antallet af brugbare observationer. I eksemplet med 12 kast med en mønt forventer vi altså, at den længste serie er $\log_2(12) = 4$ (efter afrunding til nærmeste heltal).

Den længste serie har i praksis naturligvis ikke altid præcis den forventede længde. Det kan vises, at spredningen er uafhængigt af antallet af elementer, og at det omtrentlige 95% prædiktionsinterval er $\log_2(n) \pm 3$. Dvs. at det vil være "udsædvanligt" at finde en serie med *flere* end 7 elementer, hvis vi kaster en mønt 12 gange. Kaster vi mønten 23 gange, er grænsen 8.



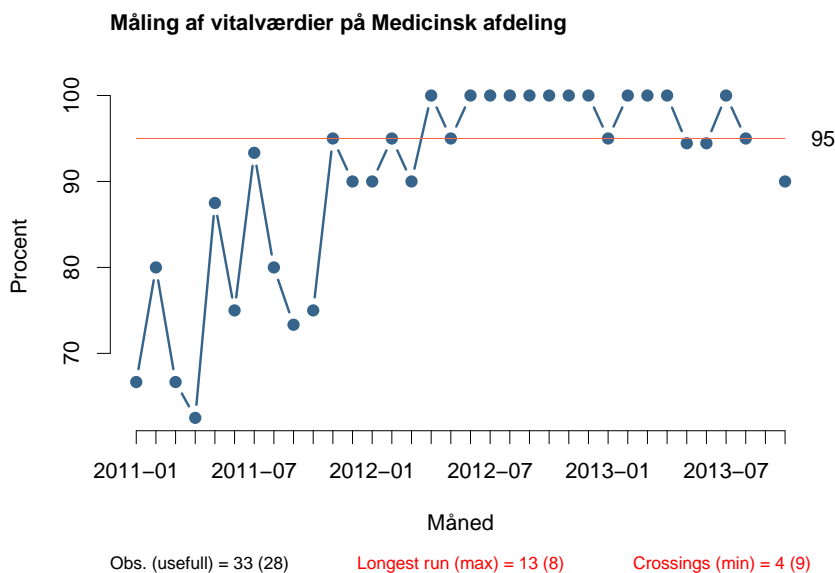
Figur 3: Seriediagrammet viser det månedlige antal uventede hjertestop på et dansk sygehus. Diagrammet indeholder i alt 24 datapunkter, hvoraf 4 ligger på medianen. Antallet af brugbare observationer er altså 20, som benyttes til beregning eller tabelopslag af grænseværdier for længste serie og antal kryds. Den længste serie er 5 (punkt 6–11 og 12–17), idet punkterne 10 og 14 ligger på medianen og derfor ikke tæller med. Ligeledes består den første serie kun af ét punkt (punkt 2) og den anden serie af 2 punkter (4, 5), idet punkterne 1 og 3 ligger på medianen. Diagrammet viser tilfældig variation.

Det er værd at være opmærksom på, at skiftsignalet er mere følsomt for ikke-tilfældig variation, hvis medianen på forhånd er kendt og fastholdes i modsætning til, hvis medianen er flydende og genberegnes efter hvert nyt datapunkt. Det er derfor god stil, at fastlægge medianen, så snart man har nok datapunkter, som kun udviser tilfældig variation. I praksis bør man have mindst 12, helst 20 eller flere, datapunkter til at fastlægge medianen. Medianen bør genberegnes, hvis processen ændrer sig.

3.2 Krydssignalet

Krydssignalet er en forenkling af serieanalysen, *runs analysis*, som blev beskrevet af Swed og Eisenhart i 1943 [7]. Serieanalysen bygger på den teoretiske fordelingen af antallet af serier i en tilfældig sekvens. Formlerne til beregning af de tilhørende sandsynligheder er komplicerede. Derfor benytter man i praksis ofte tabelopslag til at afgøre, om der i en sekvens er for få eller for mange serier i forhold til, hvad man ville forvente, hvis sekvensen var tilfældig.

Chen har for nyligt beskrevet en enklere tilgang til samme problem [8]: I



Figur 4: Seriediagrammet viser, hvor mange procent af indlæggelsesdøgnene på en stor medicinsk afdeling, hvor patienterne fik målt vitalværdier korrekt efter indførslen af en ny vejledning. Den længste serie er længere end forventet og antallet af kryds er for lavere end forventet. Diagrammet viser således ikke-tilfældig variation i den “rigtige” retning og blev af afdelingen opfattet som bevis på tilfredsstillende implementering og fastholdelse af de nye retningslinjer.

stedet for at tælle antallet af serier, tæller man, hvor mange gange sekvensen skifter — i vores tilfælde at kurven krydser medianen. Antallet af kryds er i sagens natur én mindre end antallet af serier og ligger mellem 0 og $n - 1$ og følger en binomialfordeling. Det betyder, at grænseværdier for det forventede antal kryds kan beregnes eller slås op i en tabel over binomialfordelingens kumulerede sandsynligheder. Til vores formål, at identificere ændringer i processers niveau, er vi interesserede i den nedre grænse. Den nedre 5%-grænse for antal kryds i en tilfældig proces kan beregnes i et regneark, fx Excel, med formlen $\text{CRITBINOM}(n-1; 0,5; 0,05)$, hvor n er antallet af datapunkter. Den tilsvarende funktion i R hedder $\text{qbinom}(0.05, n-1, 0.5)$. Med 12 datapunkter er grænseværdien 3. Det vil således være ”usædvanligt” at finde færre end 3 kryds i et seriediagram med 12 datapunkter.

3.3 Andre signaler

Foruden skift- og krydssignalet bør man også foretage en visuel (og subjektiv) vurdering seriediagrammet for andre tegn på ikke-tilfældig variation. Det kan fx være **cykliske mønstre** pga. sæson- eller døgnvariation eller **oplagt**

afvigende enkeltmålinger. Man skal dog være forsigtig med at dømme en enkeltmåling ude blot fordi den er den højeste eller laveste i et datasæt. En afvigende enkeltmåling er normalt en, som alle vil undre sig over.

Et hyppigt anbefalet og meget brugt signal for ikke-tilfældig variation er trendsignalet. En trend er en udsædvanlig lang serie af målinger, der stiger eller falder. De fleste sætter en fast grænse ved 5, 6 eller 7 datapunkter [3, 4, 5], men den præcise grænseværdi afhænger ligesom for de andre signaler af antallet af datapunkter, som er til rådighed og kan slås op i en tabel [9]. Trendsignalet er udviklet til at opdage små vedvarende skred (afdrift) i målingerne. I praksis har trendsignalet dog vist sig uegnet til formålet. Den tilfældige variation (støjen) mellem nabomålinger vil næsten altid overstige afdriften (signalet), hvorfor signalet alligevel opdages af skift- eller krydssignalet, længe før trenden (ved en tilfældighed) viser sig. Og i de sjældne tilfælde, hvor afdriften overstiger den tilfældige variation, vil de øvrige signaler give sig til kende meget hurtigt. Trendsignalet tilføjer derfor intet udover falske alarmer til analysen og kan ikke anbefales [10].

Appendiks 1 på side 13 sammenfatter principperne for brug og fortolkning af seriediagrammer i en tjekliste. Figur 5 på side 14 illustrerer anvendelsen i et forbedringsprojekt om implementering af WHO's sikker kirurgi-tjekliste på et sygehus, hvor det var muligt at opgøre data både før, under og efter implementeringen.

4 Seriediagrammets sensitivitet og specificitet

Som ved alle statistiske test er der risiko for, at seriediagrammet signalerer, selvom der reelt ingen forandringer er sket, eller omvendt ikke signalerer, selvom der er sket forandringer i processen. Risikoen for falske signaler (type 1-fejl) ligger for skift- og krydssignalet med de foreslåede grænseværdier omkring 5%. Kombinerer man de to test, stiger risikoen for falske signaler en smule til gengæld for en højere følsomhed. Hvis der derimod sker forandringer i processen, vil seriediagrammet på et eller andet tidspunkt signalere. Spørgsmålet er blot, hvor længe man skal vente på signalet (type 2-fejl). Det afhænger naturligvis af, hvor stor forandringen (signalet) er i forhold til den tilfældige variation, som også findes i processen (støjen). Med simulationsstudier kan man vise, at hvis forandringen er af en størrelse, der svarer til 1,5 standardafvigelse på den tilfældige variation, vil seriediagrammet med stor sikkerhed (> 90%) signalere før der er gået 20 datapunkter. Er forandringen 2 standardafvigelser, vil seriediagrammet med stor sikkerhed signalere allerede inden, der er gået 10 datapunkter [11].

Det er vigtigt at understrege, at et seriediagram uden signaler aldrig kan bruges som bevis på, at der ingen ændring er sket i den undersøgte proces. Viser seriediagrammet alene tilfældig variation, kan man blot konkludere, at *eventuelle* forandringer i processen enten ikke er store nok eller har været længe nok til at kunne påvises sikkert.

5 Principper for brug af seriediagrammer

Analyse af indikatormålinger med seriediagrammer kan benyttes i mindst tre situationer:

Planlægning: Når man til planlægning af en forbedringsindsats ønsker at opnå kendskab til, på hvilket niveau en proces fungerer, og om der er tegn til ikke-tilfældig variation.

Forbedring: Når man ønsker at dokumentere, at indsatsen medfører de ønskede forbedringer.

Kontrol: Når man ønsker at overvåge og kontrollere kritiske processer, som allerede fungerer på et tilfredsstillende niveau for hurtigt at kunne opdage eventuelle forværringer.

Særligt til planlægnings- og forbedringsformål, er det selvsagt nødvendigt med et vist tempo i seriediagrammet, hvis man inden for en overskuelig tidsperiode ønsker at påvise ikke-tilfældig variation. Det er, som nævnt i indledningen, vigtigt, at målingerne sker hyppigere end de forventede forandringer udvikler sig. Arbejder man fx med en proces, man forventer vil forandre sig i løbet af uger til måneder, skal man som minimum måle ugentligt. Som figur 1 på side 4 illustrerer, giver det ingen mening, og er i øvrigt statistisk ugyldigt, at måle hen over perioder, som indeholder væsentlige forandringer. Omvendt skal måleperioden være lang nok til, at tallene er ”store nok”. Som en grov tommelfingerregel kan man tilstræbe at nævneren altid er tocifret, og at tælleren aldrig (eller sjældent) er nul.

Til opgørelse af de fleste procesindikatorer, kan man komme langt med små daglige stikprøver fra de processer, man ønsker at følge. Hvis man dagligt udtager en tilfældig stikprøve på 3–5 dataelementer (fx patienter eller aktiviteter) og herefter aggregerer data ugentligt, har man således mellem 21 og 35 i nævneren i hvert datapunkt, hvilket i langt de fleste tilfælde er rigeligt til et robust seriediagram. I eksemplet fra indledningen kontrollerer man hver dag 3–5 tilfældige indlæggelser for, om patienten fik målt vitalværdier. Indikatoren opgøres ugentligt ved at dividere det samlede antal indlæggelser, hvor vitalværdierne blev målt med det samlede antal indlæggelser i ugens stikprøver.

Disse principper for brug af seriediagrammer er velegnede til planlægning og forbedring. Hvis formålet derimod er at kontrollere processer, som allerede fungerer på et tilfredsstillende niveau, kan man overveje dels at reducere målehyppigheden fx fra dag til uge eller uge til måned og dels at slække på grænseværdierne for skift- og krydssignalet. Dette kan være rimeligt at mindst to grunde: (1) Identifikation af en forværring i en tidligere stabil proces er i princippet en ensidet test, hvorfor det er statistisk i orden at slække på grænseværdierne. (2) Prisen for at opnå den høje sikkerhed mod falske signaler, som de konservative grænseværdier giver, kan være uacceptabel høj, hvis der er tale om (livs)kritiske resultatindikatorer, fx komplikations- eller mortalitetsrater.

Beslutningen om at slække grænseværdierne bør naturligvis helst tages før, man begynder at samle data og i hvert fald før man konstruerer sit seriediagram. Men i virkeligheden er seriediagrammet ikke det bedste redskab til kontrolformål.

Klassiske kontrol­diagrammer (*Shewhart Charts*) er velegnede til hurtigt at identificere pludselige store forandringer ($> 1,5$ standardafvigelse) i en ellers stabil proces [12, 13]. Og visse typer kontrol­diagrammer (CUSUM, EWMA) er følsomme for små vedvarende forandringer [13]. Kontrol­diagrammer er derfor velegnede til kontrol- og overvågningsformål. Men kontrol­diagrammer er komplicerede at konstruere, kræver ofte specialsoftware eller programmering, og er følsomme for afvigelser fra antagelser om datas teoretiske fordelinger.

6 Konklusion: Seriediagrammet som redskab til påvisning af kvalitetsforbedring eller -forværring

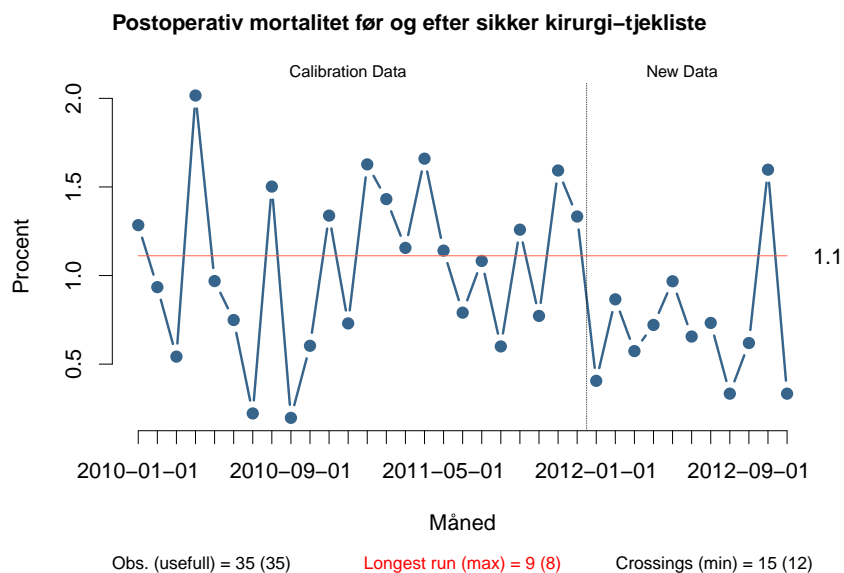
Seriediagrammet er et enkelt og nyttigt redskab til at påvise ikke-tilfældig variation i kliniske arbejdsgange og resultater. Ikke-tilfældig variation kan være tegn på ønskede forbedringer eller uønskede forværringer og findes, hvis den længste serie er *længere* end grænseværdien *eller* hvis antallet af kryds er *lavere* end grænseværdien. Grænseværdierne kan slås op i en tabel eller beregnes i et regneark.

Litteratur

- [1] Solberg LI, Mosser G, McDonald S. The three faces of performance measurement: improvement, accountability, and research. *Jt Comm J Qual Improv.* 1997 Mar;23(3):135-47.
- [2] W. Edwards Deming. On probability as a basis for action. *The American Statistician*, 1975;29(4):126–152
- [3] Jacob Anhøj, Brian Bjørn: Statistisk kvalitetsstyring i sundhedsvæsenet; *Ugeskrift for Læger*, 2009;171(21):1764–1768
- [4] Carey RG. How Do You Know That Your Care Is Improving? Part I: Basic Concepts in Statistical Thinking . *J Ambulatory Care Manage* 2002;25(1):80-87
- [5] Perla RJ, Provost LP, Murray SK. The run chart: a simple analytical tool for learning from variation in healthcare processes. *BMJ Qual Saf* 2011;20(1):46-51
- [6] Schilling MF. The Surprising Predictability of Long Runs. *Mathematics Magazine*, 2012;85(2):141-149
- [7] Swed FS, Eisenhart C. Tables for Testing Randomness of Grouping in a Sequence of Alternatives. *The Annals of Mathematical Statistics* 1943;14(1):66-87
- [8] Chen Z. A note on the runs test. *Model Assisted Statistics and Applications.* 2010;5(2):73-77
- [9] Olmstead PS. Distribution of Sample Arrangements for Runs Up and Down. *The Annals of Mathematical Statistics* 1943;17(1):24-33
- [10] Davis RB, Woodall WH. Performance of the Control Chart Trend Rule Under Linear Shift. *Journal of Quality Technology* 1988;20(4):260-262
- [11] Jacob Anhøj, Anne Vingaard Olesen. Run charts revisited: A simulation study of run chart rules for detection of non-random variation in health care processes. Under udgivelse
- [12] Stig Ejdrup Andersen, Johan Kjærgaard. Kontrollkort – et nyttigt, grafisk redskab til analyse af processers variation over tid. *Ugeskrift for læger* 2009;171(11):895–898
- [13] Per Winkel, Nien Fan Zhang. *Statistical Development of Quality in Medicine.* John Wiley & Sons, Ltd, Chichester, UK 2007

7 Appendiks 1: Praktisk brug og fortolkning af seriediagrammer

1. Beskriv den eller de relevante indikatorer og (hvis relevant) fastsæt et mål for den ønskede forbedring.
2. Indsaml data og afsæt datapunkterne i rækkefølge i et diagram. Forbind datapunkterne med rette linjer.
3. Efter mindst 12, helst 20 eller flere datapunkter, indtegn medianen i diagrammet, så halvdelen af datapunkterne befinder sig over medianen og halvdelen under.
4. Tæl antallet af brugbare datapunkter, dvs. datapunkter, som ikke ligger direkte på medianen.
5. Find den længste serie af datapunkter over eller under medianen. Data-punkter, som ligger direkte på medianen tæller ikke med, dvs. de hverken bryder eller bidrager til serien.
6. Tæl antallet af gange kurven krydser medianen.
7. Sammenlign længste serie og antallet af kryds med grænseværdierne i tabellen. Ikke-tilfældig variation findes, hvis den længste serie er længere end grænseværdien eller, hvis antallet af kryds er mindre end grænsværdien.
8. Se efter andre mønstre i data, der tyder på ikke-tilfældig variation, fx oplagt afvigende enkeltmålinger eller cykliske mønstre.
9. Hvis diagrammet kun viser tilfældig variation, forlæng medianen og fortsæt med at indsamle og plotte data, og arbejd på at forbedre processen. Hvis diagrammet viser uønsket ikke-tilfældig variation, identificer og eliminer årsagen eller årsagerne.
10. Når målet er nået, fastlæg den nye median, benyt evt. målet som median.
11. Forbedring er opnået og fastholdt, når processen kun udviser tilfældig variation omkring mållinjen.
12. Overvej at benytte et kontrol-diagram til at overvåge processen fremover.



Figur 5: Seriediagrammet viser et eksempel på anvendelse af principperne for brug af seriediagrammer til dokumentation af forbedringer: Indikatoren er den postoperative mortalitet på et dansk sygehus før og efter indførelse af WHO's sikker kirurgi-tjekliste. Medianen er beregnet for baselineperioden og forlænget ind i efter-perioden. Diagrammet viser et skift i efter-perioden, idet den længste serie består af ni datapunkter mod forventet højst otte. Skiftet går i den ønskede retning, og forandringen repræsenterer derfor en forbedring. Det næstsidsste datapunkt ligger dog iøjensfaldende højt i forhold til de omgivende punkter, og man bør overveje, om dette repræsenterer en afvigelse, og i så tilfælde, om der findes særlige forhold, der kan forklare denne.

8 Appendiks 2: Grænseværdier for længste serie og antal kryds i seriediagrammer

Ikke-tilfældig variation findes, hvis den længste serie er *længere* end grænseværdien *eller* hvis antallet af kryds er *lavere* end grænseværdien.

Antal datapunkter som ikke er på medianen	Øvre grænse for længste serie	Nedre grænse for antal kryds
10	6	2
11	6	2
12	7	3
13	7	3
14	7	4
15	7	4
16	7	4
17	7	5
18	7	5
19	7	6
20	7	6
21	7	6
22	7	7
23	8	7
24	8	8
25	8	8
26	8	8
27	8	9
28	8	9
29	8	10
30	8	10
31	8	11
32	8	11
33	8	11
34	8	12

Antal datapunkter som ikke er på medianen	Øvre grænse for længste serie	Nedre grænse for antal kryds
35	8	12
36	8	13
37	8	13
38	8	14
39	8	14
40	8	14
41	8	15
42	8	15
43	8	16
44	8	16
45	8	17
46	9	17
47	9	17
48	9	18
49	9	18
50	9	19
51	9	19
52	9	20
53	9	20
54	9	21
55	9	21
56	9	21
57	9	22
58	9	22
59	9	23
60	9	23
61	9	24
62	9	24
63	9	25

Antal datapunkter som ikke er på medianen	Øvre grænse for længste serie	Nedre grænse for antal kryds
64	9	25
65	9	25
66	9	26
67	9	26
68	9	27
69	9	27
70	9	28
71	9	28
72	9	29
73	9	29
74	9	29
75	9	30
76	9	30
77	9	31
78	9	31
79	9	32
80	9	32
81	9	33
82	9	33
83	9	34
84	9	34
85	9	34
86	9	35
87	9	35
88	9	36
89	9	36
90	9	37
91	10	37
92	10	38

Antal datapunkter som ikke er på medianen	Øvre grænse for længste serie	Nedre grænse for antal kryds
93	10	38
94	10	39
95	10	39
96	10	39
97	10	40
98	10	40
99	10	41
100	10	41