



Folkhälsomyndigheten

Befolkningens skydd mot sjukdomar som ingår i barnvaccinationsprogrammet

Resultat av 2016 års seroepidemiologiska undersökning



Denna titel kan laddas ner från [Länk till Folkhälsomyndighetens olika publikationer och material.](#)

En del av våra titlar går även att beställa som ett tryckt exemplar, se [kundtjänst och köpvillkor](#)

Citera gärna Folkhälsomyndighetens texter, men glöm inte att uppge källan. Bilder, fotografier och illustrationer är skyddade av upphovsrätten. Det innebär att du måste ha upphovspersonens tillstånd att använda dem.

© Folkhälsomyndigheten, 2025.

Artikelnummer: 25036

Om publikationen

Folkhälsomyndigheten har i uppdrag att utvärdera skyddet och effekten av de vaccinationer mot de sjukdomar som ingår i det nationella barnvaccinationsprogrammet. En viktig del i den uppföljningen är genomförandet av serologiska undersökningar, så kallade seroepidemiologiska undersökningar, i befolkningen. Undersökningarna ger information om hur immuniteten i olika åldrar ser ut över tid, om infektionstrycket förändras och hur ändringar i vaccinationsprogrammet påverkar skyddet i befolkningen.

Seroepidemiologiska undersökningar har genomförts regelbundet av myndigheten sedan början på 1990-talet. Denna rapport beskriver 2016 års undersökning. I undersökningen har immuniteten mot sju olika sjukdomar som ingår i barnvaccinationsprogrammet (mässling, påssjuka, röda hund, difteri, stelkramp, kikhosta och polio) analyserats i ett tvärsnitt av befolkningen (födda 2008 eller senare).

Målgruppen för rapporten är smittskyddsenheterna, barnhälsovården, elevhälsan, hälso- och sjukvården samt kliniska mikrobiologiska laboratorier.

Rapporten har tagits fram av Enheten för laborativ virus- och vaccinuppföljning, Enheten för vaccinationsprogram och Enheten för analys på Folkhälsomyndigheten.

Folkhälsomyndigheten

Sara Byfors

Avdelningschef, Avdelningen för mikrobiologi

Innehåll

Befolkningens skydd mot sjukdomar som ingår i barnvaccinationsprogrammet.....	1
Om publikationen	3
Innehåll.....	4
Förkortningar	7
Ordlista	8
Sammanfattning.....	9
God immunitet mot mässling, påssjuka och röda hund.....	9
Fler män hade antikroppar mot difteri och stelkramp	9
Kikhosta cirkulerar i alla åldrar	9
God immunitet mot polio typ 1 och 3	9
Låg risk för större utbrott	10
Lägre immunitet i vissa grupper.....	10
Summary.....	11
Good immunity against measles, mumps and rubella	11
More men had antibodies against diphtheria and tetanus	11
Whooping cough is circulating in all ages.....	11
Good immunity against polio type 1 and 3	11
Low risk of larger outbreaks	12
Lower immunity in some cohorts	12
Bakgrund.....	13
Nationella seroepidemiologiska undersökningar	13
Syfte och mål.....	14
Det svenska barnvaccinationsprogrammet	15
Vaccinationsprogram mot mässling, påssjuka och röda hund över tid.....	15
Vaccinationsprogram mot difteri, stelkramp och kikhosta över tid	16
Vaccinationsprogram mot polio över tid	18
Metod.....	20
Provinsamling	20
Laboratoriemetoder	20

Statistisk metod	20
Jämförelser med tidigare seroepidemiologiska undersökningar	21
Datahantering	22
Etiska överväganden.....	22
Resultat.....	23
Antal insamlade prover	23
Mässling	24
Urval av prover	24
Seroprevalens	24
Antikroppsivåer	26
Jämförelse med den Seroepidemiologiska undersökningen 2007	28
Påssjuka	29
Urval av prover	29
Seroprevalens	29
Antikroppsivåer	31
Jämförelse med den seroepidemiologiska undersökningen 2007	32
Röda hund.....	33
Urval av prover	33
Seroprevalens	33
Antikroppsivåer	35
Jämförelse med den seroepidemiologiska undersökningen 2007	36
Slutsatser – immunitetsläget mot mässling, påssjuka och röda hund	37
Difteri.....	39
Urval av prover	39
Seroprevalens	39
Jämförelse med den seroepidemiologiska undersökningen 1997	43
Stelkramp	44
Urval av prover	44
Seroprevalens	44
Antikroppsivåer	46

Jämförelse med den seroepidemiologiska undersökningen 1997	48
Kikhosta	49
Urval av prover	49
Seroprevalens	49
Antikropps nivåer	49
Jämförelse med den Seroepidemiologiska undersökningen 2007	52
Slutsatser om immunitetsläget mot difteri, stelkramp och kikhosta	53
Polio.....	54
Urval av prover	54
Polio typ 1	55
Seroprevalens	55
Antikropps nivåer	56
Jämförelse med den Seroepidemiologiska undersökningen 2007	56
Polio typ 3	57
Seroprevalens	57
Antikropps nivåer	58
Jämförelse med den Seroepidemiologiska undersökningen 2007	58
Slutsatser om immunitetsläget mot polio typ 1 och 3	59
Allmänna slutsatser	60
Referenser	62

Förkortningar

aP	Acellulärt vaccin mot kikhosta
DT	Difteritoxin
ELISA	Enzyme linked immunosorbent assay
IgG	Immunoglobulin G
IQR	Inter Quartile Range (interkvartilsavstånd)
IU	International units (internationella enheter)
KI	Konfidensintervall
MPR-vaccin	Kombinationsvaccin mot mässling, påssjuka och röda hund
NT	Neutraliserande titer
PT	Pertussistoxin
RU	Relative units (relativa enheter)
TT	Tetanustoxin
WHO	World Health Organization (Världshälsoorganisationen)

Ordlista

Acellulärt vaccin	Cellfritt vaccin, det vill säga vaccin som inte innehåller hela mikroorganismen utan endast renframställda delar av den
Smittämne	Sjukdomsframkallande organism, till exempel ett virus eller en bakterie
Födelsekohort	En grupp individer födda under samma tidsperiod
Genombrottsinfektion	Infektion som sker trots att personen är vaccinerad mot sjukdomen
Grundvaccination	En grundvaccination består av två eller flera primärdoser och en påfyllnadsdos (vaccinationsserien kan ibland inkludera flera påfyllnadsdoser, men själva ”grundvaccinationen” inkluderar bara den första påfyllnadsdosen)
Helcellsvaccin	Vaccin som innehåller den hela mikroorganismen i avdödad eller försvagad form
Egenutvecklad metod	Metod som är utvecklad och kvalitetssäkrad inom organisationen, ej kommersiellt tillgänglig
Morbilli	Mässling
Multiplex metod	Metod som har möjlighet att mäta antikroppssvar mot flera smittämnen samtidigt
Parotit	Påssjuka
Pertussis	Kikhosta
Påfyllnadsdos	Den dos vaccin som ges för att förlänga skyddseffekten efter en eller flera primärdoser, eller en tidigare påfyllnadsdos
Rubella	Röda hund
Sensitivitet	Ett mått på hur bra en metod kan identifiera sanna positiva värden
Seroprevalens	Andelen individer i en viss grupp som har antikroppar mot en viss sjukdom
Specificitet	Ett mått på hur bra en metod kan identifiera sanna negativa värden
Tetanus	Stelkramp
Titer	Antikropps-koncentration

Sammanfattning

I den seroepidemiologiska undersökning som började 2016, har vi studerat immuniteten mot sju sjukdomar som ingår i det nationella allmänna vaccinationsprogrammet för barn: mässling, påssjuka, röda hund, difteri, stelkramp, kikhosta och polio. Immuniteten analyserades i prover från ett urval av personer 8 år och äldre (födda 2008 eller tidigare). Två huvudsakliga parametrar analyserades: seroprevalens (andelen med antikroppar mot sjukdomen) och antikropps nivåer.

God immunitet mot mässling, påssjuka och röda hund

För mässling var seroprevalensen hög i befolkningen, över 90 procent, med högre seroprevalens och antikropps nivåer hos de åldersgrupper som sannolikt haft sjukdomen (födda 1966 och tidigare), än hos de som omfattats av ett nationellt vaccinationsprogram. Seroprevalensen för påssjuka var lägre, 78 procent, men bedöms vara tillräcklig för att skydda mot utbrott i befolkningen. För röda hund hade samtliga analyserade åldersgrupper en hög seroprevalens, över 97 procent.

Fler män hade antikroppar mot difteri och stelkramp

Seroprevalensen för difteri var 79 procent och för stelkramp 96 procent. Antikropps nivåerna mot difteri avtog med tid sedan senaste schemalagda vaccindos, medan antikropps nivåerna mot stelkramp bibehölls på hög nivå över tid. Seroprevalensen för difteri var högre hos män än hos kvinnor, 83 respektive 75 procent. För stelkramp sågs också en högre seroprevalens hos män än hos kvinnor, 98 respektive 94 procent.

Kikhosta cirkulerar i alla åldrar

För kikhosta kan seroprevalens inte beräknas eftersom det saknas fastställda värden för olika referensnivåer, men mer än 99 procent av de provtagna personerna hade påvisbara antikroppar mot kikhosta. Antikropps nivåerna var dock generellt låga. För att utvärdera infektionstrycket i befolkningen analyserades hur många som hade antikropps nivåer över 50 IU/ml, vilket kan indikera en genomgången infektion de senaste två åren. Resultaten visar att bakterien cirkulerar i alla åldrar, framför allt bland tonåringar.

God immunitet mot polio typ 1 och 3

Poliovirus finns i tre olika typer. För poliovirus typ 1 och 3 var immuniteten god i befolkningen med en seroprevalens på 93 respektive 87 procent. Seroprevalensen för typ 3 var lägre ju äldre de provtagna personerna var, medan det inte var så stora skillnader mellan åldersgrupperna för typ 1. Poliovirus typ 2 är utrotad sedan 1999 och omfattas av globala regler för att förhindra dess spridning. Därför inkluderades inte den typen i denna undersökning.

Låg risk för större utbrott

Sammanfattningsvis talar dessa resultat för att befolkningens immunitet mot de undersökta sjukdomarna överlag är god. Detta innebär dels låg risk för smittspridning och större utbrott, dels låg risk för att de sjukdomar som idag inte längre förekommer i landet åter skulle etablera sig. Resultaten indikerar inte att större vaccinationsinsatser riktade till hela befolkningen är nödvändiga för att Sverige fortsatt ska anses ha eliminerat till exempel mässling och röda hund.

Lägre immunitet i vissa grupper

Folkhälsomyndigheten rekommenderar att alla i befolkningen har ett skydd mot mässling, påssjuka, röda hund, difteri, stelkramp, och polio. Undersökningen visar att skyddet i befolkningen är gott mot ovanstående sjukdomar, men visade också att immuniteten mot några av sjukdomarna var lägre i vissa grupper. Till exempel var immuniteten mot difteri, och till viss del även stelkramp, lägre i äldre åldersgrupper (födda 1951 och tidigare), och framför allt bland kvinnor. Dessutom hade personer födda 1982–1996 lägre immunitet mot mässling än andra åldersgrupper, även om resultatet är förenat med viss osäkerhet på grund av få undersökta personer.

Dessa fynd kan motivera särskilda kommunikationsinsatser för att uppmärksamma befintliga rekommendationer om grundvaccination och behovet av påfyllnadsdoser. Vi ser också ett behov av att följa upp resultaten i framtida undersökningar.

Summary

This seroepidemiology study focused on immunity against seven diseases included in the Swedish national childhood vaccination program, namely measles, mumps, rubella, diphtheria, tetanus, whooping cough, and polio. The immune responses were analysed in a cross-section of the population aged 8 years and older (born 2008 or earlier). Two main parameters were analysed, including seroprevalence (the proportion of individuals with disease-specific antibodies) and antibody levels against the disease.

Good immunity against measles, mumps and rubella

The seroprevalence in the population was more than 90 percent for measles. There was a distinct difference in antibody levels between older individuals who most likely had had the infection (born 1966 or earlier) compared to the younger birth cohorts who were included in a national vaccination scheme. In the studied population the seroprevalence for mumps was lower at 78 percent, but this was still considered high enough to offer protection against an outbreak in the population. For rubella, all analysed birth cohorts had high seroprevalence, more than 97 percent.

More men had antibodies against diphtheria and tetanus

The seroprevalence for diphtheria was 79 percent and for tetanus was 96 percent. The antibody level against diphtheria declined over time since the last scheduled vaccine dose, whereas the antibody levels against tetanus were maintained at a high level over time. For diphtheria, the seroprevalence was higher among men compared to woman at 83 percent and 75 percent, respectively. Men also had a higher seroprevalence for tetanus compared to woman at 98 percent and 94 percent, respectively.

Whooping cough is circulating in all ages

The seroprevalence for whooping cough could not be determined due to the lack of established reference levels, but more than 99 percent of the survey population had measurable whooping cough-specific antibody levels. However, the antibody levels were generally low. To determine how the bacteria is circulating in the population, the number of subjects with high whooping cough antibody levels (> 50 IU/ml) was analysed as a sign of recent infection within the last two years. The results showed that recently infected individuals were present in all age cohorts, with the highest number in the adolescent population.

Good immunity against polio type 1 and 3

There are three different serotypes of polio, and type 1 and 3 were included in this survey. The immunity in the studied population was good, with a seroprevalence of 93 and 87 percent for polio type 1 and 3, respectively. For type 3 the seroprevalence decreased with age whereas the seroprevalence for type 1 was

maintained at similar levels for all birth cohorts. Polio virus type 2 has been eradicated since 1999 and is subjected to global containment regulations and thus was not included in this survey.

Low risk of larger outbreaks

In summary, the results of this survey show that the immunological responses against the seven included diseases were good on a population level. This means that there is a low risk for these diseases spreading and for larger outbreaks, and that there is low risk for the re-establishment of diseases that are no longer present in the country. Therefore, there is no need for any vaccination campaigns targeting the population at large in order to maintain the elimination goal of diseases such as measles and rubella.

Lower immunity in some cohorts

The Public Health Agency of Sweden recommends that all individuals in the population be protected against diphtheria, tetanus, polio, measles, mumps, and rubella. The survey shows that the protection against these diseases is good on a population level, but also that the immunity against some of the diseases was low in certain groups. For example, the immunity against diphtheria, and to some extent tetanus, was lower in older birth cohorts (born 1951 and earlier), and especially in women. Moreover, individuals born 1982-1996 had lower immunity against measles compared to other birth cohorts, interpretations of this result are however limited due to the small sample size in the cohort.

These findings may warrant targeted communication strategies to raise awareness of existing recommendations about booster doses and additional vaccinations. Further studies of these findings are needed.

Bakgrund

Nationella seroepidemiologiska undersökningar

Folkhälsomyndigheten har i uppdrag att följa och analysera skyddet mot smittsamma sjukdomar och utvärdera effekterna av vaccinationer (SFS 2021:248). För att bedöma immunitetsläget i befolkningen genomför myndigheten regelbundet så kallade seroepidemiologiska undersökningar. Vid sådana undersökningar mäter man förekomsten av antikroppar i blodet mot en specifik sjukdom i ett stickprov av befolkningen. På så sätt kan man uppskatta hur stor andel som har ett skydd mot sjukdomen. Dessa undersökningar är ett viktigt komplement till annan epidemiologisk övervakning. Upprepade undersökningar behövs för att besvara frågor om immuniteten i befolkningen över tid och hur sjukdomarnas infektionstryck förändras samt för att utvärdera förändringar i nationella vaccinationsprogram och följsamheten till rekommendationer. Nationella seroepidemiologiska undersökningar har tidigare genomförts år 1991, 1997 och 2007 (1-3).

I denna undersökning undersöktes immuniteten mot sju sjukdomar: mässling, påssjuka, röda hund, difteri, stelkramp, kikhosta och polio (typ 1 och 3). Tidpunkten för undersökningen valdes av två skäl. Dels för att det gått tio år sedan föregående undersökning. Dels för att beskriva immunitetsläget inför en planerad ändring i barnvaccinationsschemat, som innebar att barn födda 2002 och senare ska erbjudas en femte dos vaccin mot difteri, stelkramp och kikhosta vid 14–16 års ålder. Denna ändring beslutades 2006, men implementerades inte förrän under skolåret 2016/2017. Undersökningen ger således ett basvärde att utgå ifrån vid kommande uppföljningar av vaccinationsprogrammen mot difteri, stelkramp och kikhosta. Undersökningen följer också upp immuniteten mot difteri och stelkramp efter rekommendationer från 2009 om påfyllnadsdos till vuxna vart 20:e år.

I de tidigare nationella undersökningarna genomfördes provinsamling genom ett slumpmässigt urval följt av en individuell inbjudan att lämna prov. Över tid blev det allt svårare att få tillräckligt många deltagare. Ett stort bortfall medförde sämre skattningsprecision och större risk för snedvridning av resultaten. Dessa erfarenheter samt de höga kostnader som insamlingsmetoden ledde till att en annan strategi användes i denna undersökning – användning av överblivna blodprover från öppenvården, insamlade och avidentifierade vid laboratorier för klinisk kemi. Denna metod hade med framgång använts vid myndighetens seroepidemiologiska undersökningar vid influensapandemin 2009 (4). Fördelarna med att använda överblivna prover från vården är flera: inget bortfall av deltagare och därmed mindre risk för snedvridning av resultaten, lägre kostnad och snabbare insamling. En nackdel är att bakgrundsinformation om individen saknas, som exempelvis vaccinationsstatus, ursprungsland eller sjukdomshistoria. Metoden har också en viss begränsning för barn eftersom de provtas mer sällan och mindre blodvolymer tas från dem.

Syfte och mål

Det övergripande målet med denna seroepidemiologiska undersökning var att undersöka immunitetsläget mot mässling, påssjuka, röda hund, difteri, stelkramp, kikhosta och polio i ett tvärsnitt av befolkningen.

Syftet med undersökningen var att fastställa om det finns risk för utbrott av sjukdomar som kan förebyggas genom vaccination i hela eller delar av befolkningen, för att i så fall kunna vidta åtgärder för att förbättra immuniteten, till exempel genom ändringar av nuvarande vaccinationsprogram eller kompletterande vaccinationsinsatser. Därmed kan undersökningen bidra till minskad risk för utbrott på längre sikt.

Utöver detta skulle undersökningen även fastställa antikropps nivåerna mot difteri, stelkramp och kikhosta hos tonåringar inför införandet av en femte dos vaccin mot sjukdomarna vid 14–16 års ålder (för barn födda 2002 och senare).

Det svenska barnvaccinationsprogrammet

I det nuvarande barnvaccinationsprogrammet erbjuds vaccinationer mot elva sjukdomar: rotavirusinfektion, difteri, stelkramp, kikhosta, polio, infektion med *Haemophilus influenzae* typ b (Hib), pneumokocksjukdom, mässling, påssjuka, röda hund och humant papillomvirus (HPV). Vaccinationerna ges i stor utsträckning som kombinationsvacciner. För aktuellt schema år 2025 se tabell 1. Mer information om barnvaccinationsprogrammet finns på Folkhälsomyndighetens webbplats.

Tabell 1. Schema år 2025 för det allmänna vaccinationsprogrammet för barn.

Vaccin mot	6 veckor	3 mån	5 mån	12 mån	18 mån	5 år	Åk 1–2	Åk 5	Åk 8–9
Rotavirus	Dos 1	Dos 2	Dos 3						
Difteri		Dos 1	Dos 2	Dos 3		Dos 4			Dos 5
Stelkramp		Dos 1	Dos 2	Dos 3		Dos 4			Dos 5
Kikhosta		Dos 1	Dos 2	Dos 3		Dos 4			Dos 5
Polio		Dos 1	Dos 2	Dos 3		Dos 4			
Hib (<i>Haemophilus influenzae</i> typ b)		Dos 1	Dos 2	Dos 3					
Pneumokocker		Dos 1	Dos 2	Dos 3					
Mässling						Dos 1	Dos 2		
Påssjuka						Dos 1	Dos 2		
Röda hund						Dos 1	Dos 2		
HPV (humant papillomvirus)								Dos 1+2	

Vaccinationsprogram mot mässling, påssjuka och röda hund över tid

Vaccination mot mässling introducerades 1971 med en dos som erbjöds efter 18 månaders ålder. Vaccination rekommenderades för barn upp till 12 års ålder. Tre år senare introducerades vaccin mot röda hund, som erbjöds till flickor vid 12 års ålder. I och med övergången till ett kombinationsvaccin för mässling, påssjuka och röda hund (MPR-vaccin) infördes 1982 även vaccination mot påssjuka i barnvaccinationsprogrammet. Alla barn blev då erbjudna MPR-vaccin vid 18 månaders och 12 års ålder. År 2007 ändrades tidpunkten för den andra dosen till 6–8 år för barn födda 2002 och senare. Barn födda till och med 2001 fortsatte att följa det tidigare schemat med en andra dos vid 12 års ålder. Se tabell 2.

Tabell 2. Vaccinationsprogram mot mässling, påssjuka och röda hund i Sverige.

Sjukdom	Infördes	Antal doser och tidpunkt för vaccination
Mässling	1971	1 dos efter 18 månader
Röda hund	1974	1 dos vid 12 år (endast flickor)
Mässling, påssjuka och röda hund (MPR) (a)	1982	2 doser, vid 18 månader och 12 år (barn födda till och med 2001) eller 6–8 år (barn födda från 2002)

(a) Kombinationsvaccin

Vaccinationsstatus per födelsekohort

I undersökningen inkluderades prover från personer från 8 års ålder, utan övre åldersgräns för mässling och påssjuka, och upp till 49 år för röda hund, eftersom immuniteten mot röda hund är mest relevant för personer i barnafödande ålder. De flesta födelsekohorter som analyserats består av individer födda under en period med samma vaccinationsprogram, medan andra kohorter innehåller individer med blandad vaccinationshistorik. Se tabell 3 för en översikt över kohorternas indelning samt vilka kohorter som erbjudits vaccin mot mässling, påssjuka och röda hund och hur många år som gått sedan senaste schemalagda vaccination.

Tabell 3. Tid i år sedan senast schemalagda vaccination mot mässling, påssjuka och röda hund per respektive födelsekohort inkluderad i undersökningen.

Födelseår	Ålder (år)	Mässling	Påssjuka	Röda hund
2007–2008	8–9	0–3	0–3	0–3
2005–2006	10–11	2–5	2–5	2–5
2002–2004	12–14	4–8	4–8	4–8
1999–2001	15–17	3–5	3–5	3–5
1997–1998	18–19	6–7	6–7	6–7
1982–1996	20–34	8–22	8–22	8–22
1967–1981	35–49	23–44 (a)	23–24 (b)	23–42 (c)
1952–1966	50–64	(d)	(d)	(d)
1937–1951	65–79	(d)	(d)	(d)
1936 eller tidigare	80+	(d)	(d)	(d)

(a) Vaccin mot mässling introducerades först 1971.

(b) Vaccination mot MPR erbjöds även barn födda 1980–1981.

(c) Vaccination mot röda hund erbjöds 1974–1981 endast till flickor.

(d) Åldersgruppen omfattades inte av något vaccinationsprogram.

Vaccinationsprogram mot difteri, stelkramp och kikhosta över tid

Vaccination mot difteri och stelkramp har erbjudits inom det svenska barnvaccinationsprogrammet sedan 1950-talet. Då vaccinerades barnen med tre doser mellan 3 och 12 månaders ålder. En påfyllnadsdos vid 7–8 års ålder introducerades 1965. Tidpunkten för denna ändrades 1977 till 10 års ålder. År 1986 ändrades grundvaccinationen till tre doser vid 3, 5 och 12 månader. Påfyllnadsdosen fortsatte att ges vid 10 års ålder fram till 2007 då programmet

ändrades (för barn födda från och med 2002) till att omfatta två påfyllnadsdoser, vid 5–6 år respektive 14–16 år, se tabell 4a.

Vaccination mot kikhosta introducerades också på 1950-talet, då tre doser helcellsvaccin gavs i kombination med vaccin mot difteri och stelkramp mellan 3 och 12 månaders ålder. På grund av biverkningar kopplade till helcellsvaccinerna valde man 1979 att sluta vaccinera mot kikhosta. Därefter utvecklades acellulära kikhostevacciner (aP) som hade färre biverkningar. 1996 återinfördes vaccination mot kikhosta i barnvaccinationsprogrammet med acellulärt kikhostevaccin, i kombination med vaccin mot difteri och stelkramp i tre doser vid 3, 5 och 12 månaders ålder. År 2005 infördes en påfyllnadsdos vid 10 års ålder och vaccinationsprogrammet för kikhosta har sedan dess följt samma program som för difteri och stelkramp med en förändring för barn födda 2002 och senare, se tabell 4b.

Tabell 4a. Vaccinationsprogram mot difteri och stelkramp i Sverige.

År då programmet infördes eller ändrades	Antal doser och tidpunkt för vaccination
1950-talet	3 doser mellan 3 och 12 månader
1965	1 påfyllnadsdos vid 7–8 år
1977	1 påfyllnadsdos vid 10 år (barn födda till och med 2001)
1986	3 doser vid 3, 5 och 12 månader
2007	2 påfyllnadsdoser vid 5–6 år och 14–16 år (barn födda från 2002)

Tabell 4b. Vaccinationsprogram mot kikhosta i Sverige.

År då programmet infördes eller ändrades	Antal doser och tidpunkt för vaccination eller annan ändring
1950-talet	3 doser mellan 3 och 12 månader
1979	Vaccination upphörde
1996	3 doser vid 3, 5 och 12 månader
2005	1 påfyllnadsdos vid 10 år (barn födda till och med 2001)
2007	2 påfyllnadsdoser, vid 5–6 år och 14–16 år (barn födda från 2002)

Vaccinationsstatus per födelsekohort

För analys av antikroppar mot difteri och kikhosta inkluderades prover från personer 8 år och äldre och för stelkramp från 12 år och äldre, utan övre åldersgräns. De flesta födelsekohorter innehåller individer födda under en period med samma vaccinationsprogram, medan andra kohorter innehåller individer med blandad vaccinationshistorik. Se tabell 5 för en översikt över kohorternas indelning samt vilka kohorter som erbjudits vaccin mot difteri, stelkramp och kikhosta och hur många år som gått sedan senaste schemalagda vaccination.

Tabell 5. Tid i år sedan senast schemalagda vaccination mot difteri, stelkramp och kikhosta per födelsekohort, 2016.

Födelseår	Ålder (år)	Difteri	Stelkramp	Kikhosta
2007–2008	8–9	2–4	(a)	2–4
2005–2006	10–11	4–6	(a)	4–6
2002–2004	12–14	6–9	6–9	6–9
1999–2001	15–17	5–7	5–7	5–7
1997–1998	18–19	8–9	8–9	8–9
1992–1996	20–24	10–14	10–14	10
1987–1991	25–29	15–19	15–19	(b)
1982–1986	30–34	24–29	24–29	(b)
1967–1981	35–49	25–42	25–42	37–48
1952–1966	50–64	42–63	42–63	49–63
1937–1951	65–79	(b)	(b)	(b)
1936 eller tidigare	80+	(b)	(b)	(b)

(a) Ej inkluderade i analysen.

(b) Åldersgruppen omfattades inte av något vaccinationsprogram.

Vaccinationsprogram mot polio över tid

Vaccination mot polio introducerades i det nationella barnvaccinationsprogrammet 1957. Då gavs tre doser mellan 9 och 18 månaders ålder samt en påfyllnadsdos vid 7–8 års ålder. I samband med introduktionen erbjöds även de födda före 1957 vaccination. År 1986 ändrades grundvaccinationen till tre doser vid 3, 5 och 12 månaders ålder och 1977 flyttades påfyllnadsdosen till 5–6 års ålder, se tabell 6.

Tabell 6. Vaccinationsprogram mot polio i Sverige.

Infördes	Antal doser och tidpunkt för vaccination
1957	3 doser mellan 9 och 18 månader
1957	1 påfyllnadsdos vid 7–8 år
1986	3 doser vid 3, 5 och 12 månader
1977	1 påfyllnadsdos vid 5–6 år

Vaccinationsstatus per födelsekohort

I analysen av antikroppar mot polio inkluderades prover från personer 10 år och äldre, utan övre åldersgräns. De flesta födelsekohorter innehåller individer födda under en period med samma vaccinationsprogram, medan andra kohorter innehåller individer med blandad vaccinationshistorik. Se tabell 7 för en översikt över kohorternas indelning samt vilka kohorter som erbjudits vaccin mot polio och hur många år som gått sedan senaste schemalagda vaccination.

Tabell 7. Tid i år sedan senast schemalagda vaccination mot polio per födelsekohort inkluderad i undersökningen, 2016.

Födelseår	Ålder (år)	Polio
2002–2006	10–14	4–9
1997–2001	15–19	9–14
1982–1996	20–34	14–28
1967–1981	35–49	29–41
1952–1966	50–64	42–> 50
1937–1951 (a)	65–79	> 50
1936 eller tidigare (a)	80+	> 50

(a) Vid introduktionen av poliovaccin erbjöds samtliga åldersgrupper vaccination. Beräkningen utgår från att samtliga erbjöds vaccination 1957.

Metod

Seroepidemiologiska undersökningen är designad som en tvärsnittsundersökning inom födelsekohorter. Resultaten redovisas dels som antikropps nivåer och dels som seroprevalens, det vill säga andelen individer som har antikroppar över ett visst tröskelvärde, i detta fall över gränsen för negativt värde. Tröskelvärdet är specifikt för varje sjukdom och beror bland annat på vilken metod som används för att mäta antikropparna.

Inkluderat i denna seroepidemiologiska undersökning är analys av sju sjukdomar som ingår i det nationella allmänna vaccinationsprogrammet för barn: mässling, påssjuka, röda hund, difteri, stelkramp, kikhosta och polio.

Provinsamling

Överskottsprover samlades in under 2016 från laboratorier för klinisk kemi i tio regioner (Halland, Jämtland-Härjedalen, Jönköping, Kalmar, Skåne, Stockholm, Västerbotten, Västra Götaland, Örebro och Östergötland). Överskottsprover är provmaterial som blivit över efter att laboratoriet genomfört begärda analyser. Antalet prover som skulle samlas in från varje laboratorium beräknades utifrån det totala antalet prover som behövdes för undersökningen och justerades i relation till befolkningsstorleken i laboratoriets upptagningsområde.

Undersökningen innefattade prover från personer 8 år och äldre. Barn yngre än 8 år inkluderades inte, dels för att minska kostnaderna och dels för att immuniteten i de yngsta åldrarna förväntades vara god med tanke på den höga vaccinationstäckningen inom barnvaccinationsprogrammet.

Laboratoriemetoder

I tabell 8 redovisas översiktligt de laboratoriemetoder som använts för att analysera antikroppar mot respektive sjukdom inkluderad i undersökningen samt metodernas olika specifikationer.

Statistisk metod

Den skattade seroprevalensen beräknades som viktad andel prover med antikropps nivåer över gränsen för negativt värde av alla analyserade prover, med respektive 95 procent konfidensintervall (KI) enligt Clopper-Pearsons metod (5). För de metoder där sensitivitet och specificitet fanns angivet korregerades skattningarna med Rogen-Gladen-formeln (6). Vikter beräknades baserat på antal prover i respektive stratum av region, åldersgrupp och kön mot antal individer i populationen från samma stratum. För de skattningar där alla prover var positiva har konfidensintervallen beräknats med Clopper-Pearsons metod utan att ta hänsyn till vikterna.

Skillnaden i seroprevalens mellan kvinnor och män testades med en viktad regressionsmodell. Detta är en mindre konservativ metod för att jämföra skillnader än att jämföra om konfidensintervallen överlappar. Därför kan testen hitta signifikanta skillnader i seroprevalens trots överlappande konfidensintervall. Skillnader mellan könen analyserades enbart för seroprevalens och inte för antikropps nivåer.

Skillnader där $p < 0,05$ ansågs vara statistiskt signifikanta. Alla analyser utfördes i programvaran R version 4.4.1.

Tabell 8. Översikt över de laboratoriemetoder som använts i undersökningen.

Sjukdom	Antikroppar mot	Metod (a)	Enhet (b)	Metodens sensitivitet	Metodens specificitet	Gräns för negativt prov
Difteri	Difteritoxin (DT)	Multiplex Egenutvecklad Ackrediterad	IU/ml	Ej tillgängligt	Ej tillgängligt	< 0,01
Stelkramp	Tetanustoxin (TT)	Multiplex Egenutvecklad Ackrediterad	IU/ml	Ej tillgängligt	Ej tillgängligt	< 0,01
Kikhosta	Pertussistoxin (PT)	Multiplex Egenutvecklad Ackrediterad	IU/ml	Ej tillgängligt	Ej tillgängligt	Ej tillgängligt
Mässling	Morbillivirus	ELISA Euroimmune® Ackrediterad	IU/L	100 %	100 %	< 150
Påssjuka	Parotitvirus	ELISA Euroimmune® Ackrediterad	RU/ml	100 %	100 %	< 16
Röda hund	Rubellavirus	ELISA Euroimmune® Ackrediterad	IU/ml	99,6 %	100 %	< 8
Polio	Poliovirus typ 1 och 3	Neutralisationstest Egenutvecklad Ej ackrediterad	NT	Ej tillgängligt	Ej tillgängligt	< 4

(a) Multiplex och ELISA (Enzyme Linked Immunosorbent Assay) är IgG-specifika, medan neutralisationstest detekterar neutraliserande antikroppar.

(b) IU = International Units, RU = Relative Units, NT = Neutralisationstiter. För polio redovisas nivåer av neutraliserande antikroppar beräknade med hjälp av titring. Provrresultatet baseras på antal positiva brunnar per titersteg och redovisas som ett heltal av NT. Testet mäter virusneutraliserande antikropps nivåer mellan 4 och 45. Prover över eller under dessa nivåer redovisas endast som NT < 4 respektive > 45.

Jämförelser med tidigare seroepidemiologiska undersökningar

För att få en uppfattning om immuniteten i befolkningen förändrats sedan föregående undersökning jämfördes resultaten från 2016 med de från 2007 för mässling, påssjuka, röda hund, kikhosta och polio, och med resultaten från 1997 för difteri och stelkramp (vilka inte inkluderades i 2007 års undersökning). Eftersom

laboratoriemetoderna för alla sjukdomar utom polio hade ändrats sedan respektive föregående undersökning var direkta jämförelser mellan insamlingarna inte möjliga, men skillnader i seroprevalens mellan tidpunkterna kunde ändå studeras. För poliovirus typ 1 och 3 användes samma metod som tidigare och därmed var en direkt jämförelse möjlig även av antikropps nivåer.

Datahantering

Proverna anonymiserades på laboratorierna och endast information om laboratorium, provtagningsdatum, födelsedatum, kön och provmaterial (serum eller plasma) skickades till myndigheten, i form av Excel-filer. Samtliga inkomna filer sammanfördes till en undersökningsspecifik databas. Databasen användes internt på Folkhälsomyndigheten för att hantera inkomna prover och resultatet av laboratorieanalyserna. Åtkomsten till data var begränsad till personal som aktivt arbetar med undersökningen.

Etiska överväganden

Undersökningens resultat har stor betydelse ur ett folkhälsoperspektiv. De insamlade proverna utgjordes inte av direkta personuppgifter och den juridiska bedömningen var att det inte förelåg någon risk för indirekt identifiering. Behandlingen av data bedömdes därför vara tillåten ur dataskyddssynpunkt.

Undersökningen har granskats av Regionala etikprövningsnämnden i Stockholm (protokoll 2016/3:1). Nämnden såg inga etiska invändningar då materialet inte kunde härledas till en levande människa och därmed inte omfattades av 4 § lagen (2003:460) om etikprövning av forskning som avser människor.

Resultat

Antal insamlade prover

Till undersökningen samlades totalt 7 183 prover in från tio regioner (Halland, Jämtland-Härjedalen, Jönköping, Kalmar, Skåne, Stockholm, Västerbotten, Västra Götaland, Örebro och Östergötland), se tabell 9.

För antal insamlade prover per födelsekohort, se tabell 10.

Tabell 9. Antal insamlade prover per region.

Region	Antal insamlade prover
Halland	397
Jämtland-Härjedalen	286
Jönköping	697
Kalmar	297
Skåne	720
Stockholm	2 863
Västerbotten	576
Västra Götaland	600
Örebro	314
Östergötland	447
Alla deltagande regioner	7 183

Tabell 10. Antal insamlade prover per födelsekohort.

Födelsekohort	Åldersgrupp	Antal insamlade prover
2007–2008	8–9	408
2005–2006	10–11	429
2002–2004	12–14	634
1999–2001	15–17	627
1997–1998	18–19	404
1992–1996	20–24	415
1987–1991	25–29	431
1982–1986	30–34	430
1967–1981	35–49	1 335
1952–1966	50–64	700
1937–1951	65–79	866
1936 eller tidigare	80+	504
Totalt	8–80+	7 183

Mässling

Urval av prover

I analysen av mässlingsspecifika IgG-antikroppar inkluderades prover från personer 8 år och äldre. Totalt analyserades 1 010 prover från 505 kvinnor och 505 män. För antal analyserade prover per födelsekohort, se tabell 11.

Tabell 11. Antal prover analyserade för mässlingsspecifika antikroppar per födelsekohort, 2016.

Födelsekohort	Ålder	Antal analyserade prover
2007–2008	8–9	92
2005–2006	10–11	92
2002–2004	12–14	140
1999–2001	15–17	135
1997–1998	18–19	92
1982–1996	20–34	92
1967–1981	35–49	92
1952–1966	50–64	92
1937–1951	65–79	92
1936 eller tidigare	80+	91
Alla åldrar	8–80+	1010

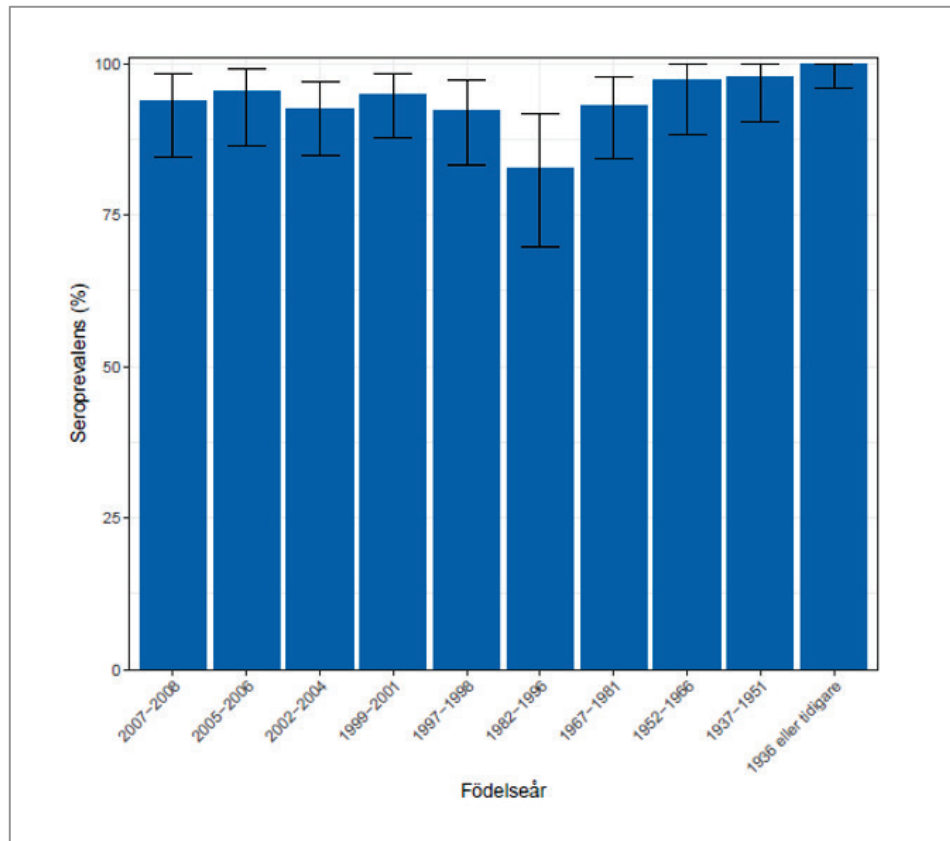
Seroprevalens

Den övergripande seroprevalensen för mässling var 93 procent. Seroprevalensen varierade mellan födelsekohorter. Högst seroprevalens (100 procent) fanns bland personer födda 1936 eller tidigare och lägst seroprevalens (83 procent) bland de födda 1982–1996, se tabell 12 och figur 1. De födelsekohorter som inte omfattats av något allmänt vaccinationsprogram mot mässling (det vill säga de födda 1966 eller tidigare) hade överlag högre seroprevalens. Individerna i dessa kohorter har med stor sannolikhet haft mässling. Födelsekohorten 1967–1981 inkluderar både årskullar som omfattats av ett allmänt vaccinationsprogram med en eller två doser och årskullar som inte har gjort det. I denna kohort fanns en lägre seroprevalens än i äldre kohorter, men högre än i den yngre födelsekohorten 1982–1996 som omfattades av ett vaccinationsprogram med två doser.

Seroprevalens utifrån tid sedan vaccination

För födelsekohorter som erbjöds en andra dos vid 12 års ålder (födda 1982–2001) sjönk seroprevalensen med tid sedan senaste schemalagda vaccindos. Exempelvis var seroprevalensen 83 procent för personer födda 1982–1996, jämfört med 95 procent hos de födda 1999–2001, se tabell 12.

Figur 1. Seroprevalens för mässling per födelsekohort med 95 % konfidensintervall, 2016.



Tabell 12. Seroprevalens för mässling med 95 % konfidensintervall per födelsekohort och kön, 2016.

Födelseår	Ålder (år)	Seroprevalens i kohorten (%)	Seroprevalens kvinnor (%)	Seroprevalens män (%)
2007-2008	8-9	94 (85-98)	93 (80-99)	94 (78-100)
2005-2006	10-11	95 (87-99)	94 (80-99)	96 (81-100)
2002-2004	12-14	92 (85-97)	96 (86-100)	89 (76-97)
1999-2001	15-17	95 (88-98)	94 (80-99)	96 (87-99)
1997-1998	18-19	92 (83-97)	92 (81-98)	92 (76-99)
1982-1996	20-34	83 (70-92)	84 (64-95)	82 (62-94)
1967-1981	35-49	93 (84-98)	94 (77-99)	92 (80-98)
1952-1966	50-64	97 (88-100)	95 (77-100)	99 (95-100)
1937-1951	65-79	98 (91-100)	100 (92-100)	95 (81-100)
1936 eller tidigare	80+	100 (96-100)	100 (92-100)	100 (92-100)
Alla födelseår	8-80+	93 (89-95)	93 (88-97)	92 (87-96)

Seroprevalens per kön

För mässling var seroprevalensen 93 procent bland kvinnor och 92 procent bland män. Det fanns inga statistiskt signifikanta skillnader i seroprevalens mellan könen i någon födelsekohort, se tabell 12.

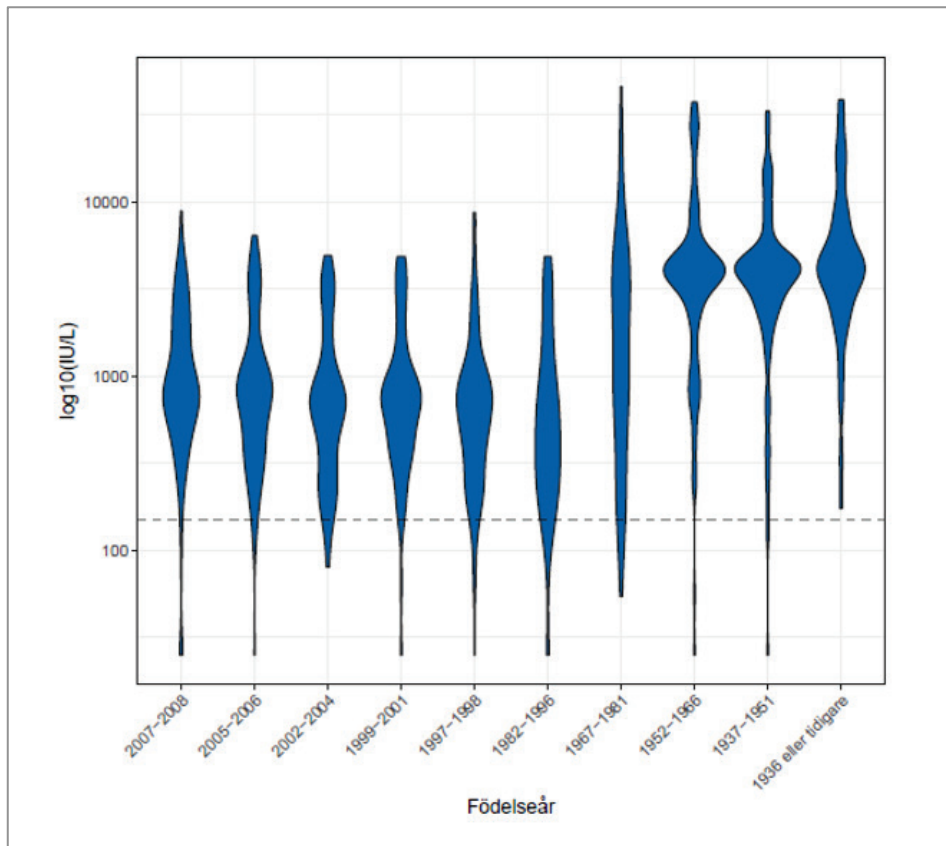
Antikropps nivåer

Mediannivån av mässlingsspecifika IgG-antikroppar var 918 IU/ml. Den äldsta födelsekohorten (personer födda 1936 eller tidigare) hade den högsta antikropps nivå, med en median på 4 215 IU/L. Lägst nivå hade gruppen födda 1982–1996 med 458 IU/L.

Antikropps nivåerna följde ett liknande mönster som seroprevalensen; födelsekohorter födda efter introduktionen av vaccinationsprogram hade lägre antikropps nivåer än de födelsekohorter där majoriteten sannolikt genomgått en mässlingsinfektion. Antikropps nivåerna hos personer i födelsekohorten 1967–1981 uppvisade den största spridningen, på grund av att det i den födelsekohorten med största sannolikhet fanns en blandning av individer som vaccinerat sig respektive genomgått infektion. Se tabell 13 och figur 2.

För födelsekohorter som erbjudits vaccination sjönk den genomsnittliga antikropps nivå ju längre tid som förflutit sedan den senaste schemalagda vaccinationen. Detta syntes både i kohorterna som följt det gamla schemat (det vill säga personer födda mellan 1981 och 2001) och i de som följt det nya schemat (födda 2002 och senare).

Figur 2. Mässlingsspecifika IgG-antikropps nivåer (IU/L) per födelsekohort, 2016. Den streckade linjen visar gränsen för metodens negativa nivå (< 150 IU/L).



Antikropps nivåer per kön

Antikropps nivåerna skiljde sig inte mellan könen. För kvinnor låg antikropps nivå för mässling på 933 IU/L och för män på 887 IU/L. Ingen skillnad sågs heller mellan könen i någon enskild födelsekohort, se tabell 13.

Tabell 13. Mässlingsspecifika IgG-antikropps nivåer (IU/L) med interkvartilavstånd per födelsekohort och kön, 2016.

Födelsekohort	Ålder	Antikropps nivå i kohorten (IU/ml)	Antikropps nivå kvinnor (IU/ml)	Antikropps nivå män (IU/ml)
2007–2008	8–9	831 (554–1 733)	854 (574–2 148)	762 (529–1 461)
2005–2006	10–11	810 (382–1 162)	852 (333–1 012)	768 (449–2 414)
2002–2004	12–14	669 (315–970)	695 (329–1 086)	659 (305–935)
1999–2001	15–17	691 (407–1 058)	745 (374–1 065)	660 (431–986)
1997–1998	18–19	630 (317–961)	687 (257–964)	624 (372–913)
1982–1996	20–34	458 (237–1 013)	510 (249–1 094)	420 (233–837)
1967–1981	35–49	1 322 (500–4 345)	1 658 (351–3 830)	1 138 (618–4 526)
1952–1966	50–64	3 906 (2 248–4 666)	3 780 (1 590–4 612)	4 024 (2 478–4 684)
1937–1951	65–79	3 967 (2 534–4 741)	3 916 (2 282–4 700)	3 986 (2 787–4 760)
1936 eller tidigare	80+	4 215 (3 019–7 080)	4 095 (2 250–5 910)	4 357 (3 500–8 963)
Alla åldrar	8–80+	918 (450–3 436)	933 (431–3 357)	887 (467–3 472)

Jämförelse med den seroepidemiologiska undersökningen 2007

Liksom i tidigare seroepidemiologiska undersökningen såg vi en hög seroprevalens i befolkningen för mässling, med högre seroprevalens i de äldre födelsekohorter där de flesta sannolikt haft sjukdomen jämfört med de yngre kohorter som omfattats av vaccinationsprogram.

Påssjuka

Urval av prover

I analysen av påssjuk-specifika IgG-antikroppar inkluderades prover från personer 8 år och äldre. Totalt analyserades 1 867 prover från 934 kvinnor och 933 män. För antal prover analyserade per födelsekohort, se tabell 14.

Tabell 14. Antal prover analyserade för påssjuk-specifika antikroppar per födelsekohort, 2016.

Födelsekohort	Ålder	Antal analyserade prover
2007–2008	8–9	267
2005–2006	10–11	160
2002–2004	12–14	242
1999–2001	15–17	238
1997–1998	18–19	160
1982–1996	20–34	160
1967–1981	35–49	160
1952–1966	50–64	160
1937–1951	65–79	160
1936 eller tidigare	80+	160
Alla födelseår	8–80+	1 867

Seroprevalens

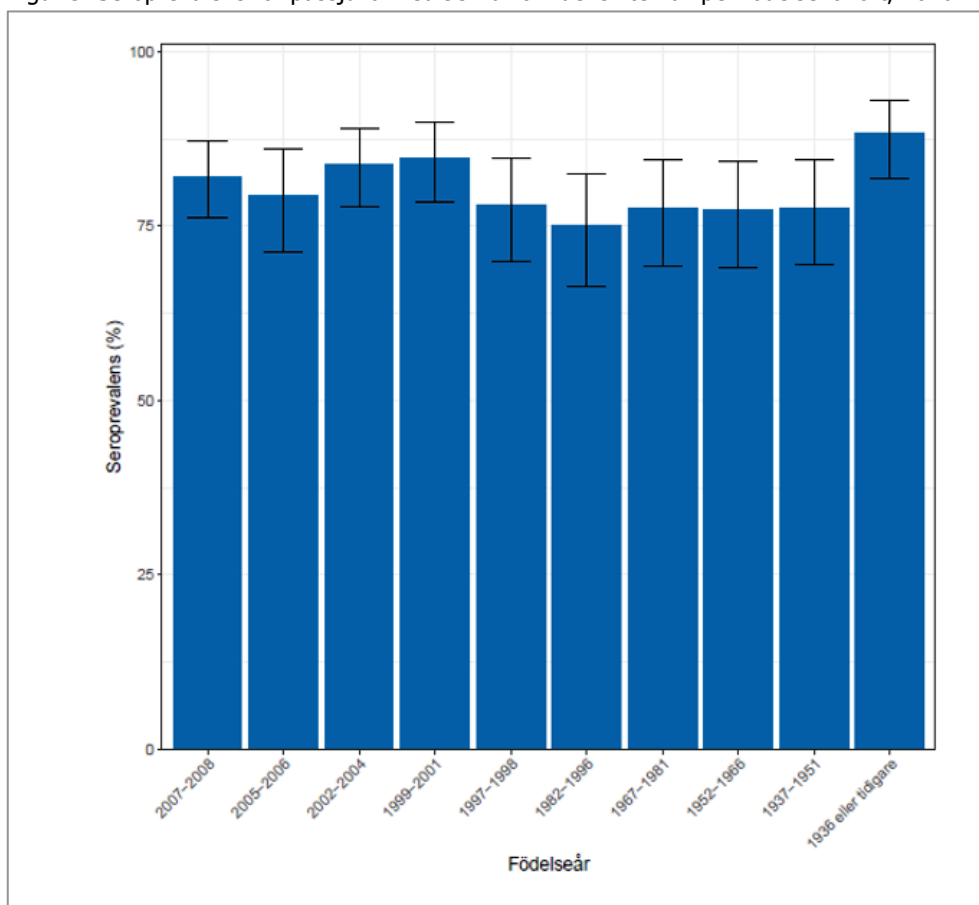
Den övergripande seroprevalensen för påssjuka var 78 procent. Seroprevalensen var högst i gruppen födda 1936 eller tidigare (88 procent) och lägst i gruppen födda 1982–1996 (75 procent), se tabell 15 och figur 3.

Det fanns ingen större skillnad i seroprevalens mellan födelsekohorter som omfattats av ett nationellt vaccinationsprogram (födda 1982 och senare) och dem som inte gjort det.

Seroprevalens per kön

För påssjuka fanns en signifikant skillnad i seroprevalens mellan kvinnor och män överlag, 82 respektive 75 procent. Inom enskilda födelsekohorter sågs en statistiskt signifikant skillnad i seroprevalens mellan könen endast bland dem födda 1967–1981. I den födelsekohorten var seroprevalensen hos kvinnor 86 procent och hos män 69 procent.

Figur 3. Seroprevalens för påssjuka med 95 % konfidensintervall per födelsekohort, 2016.



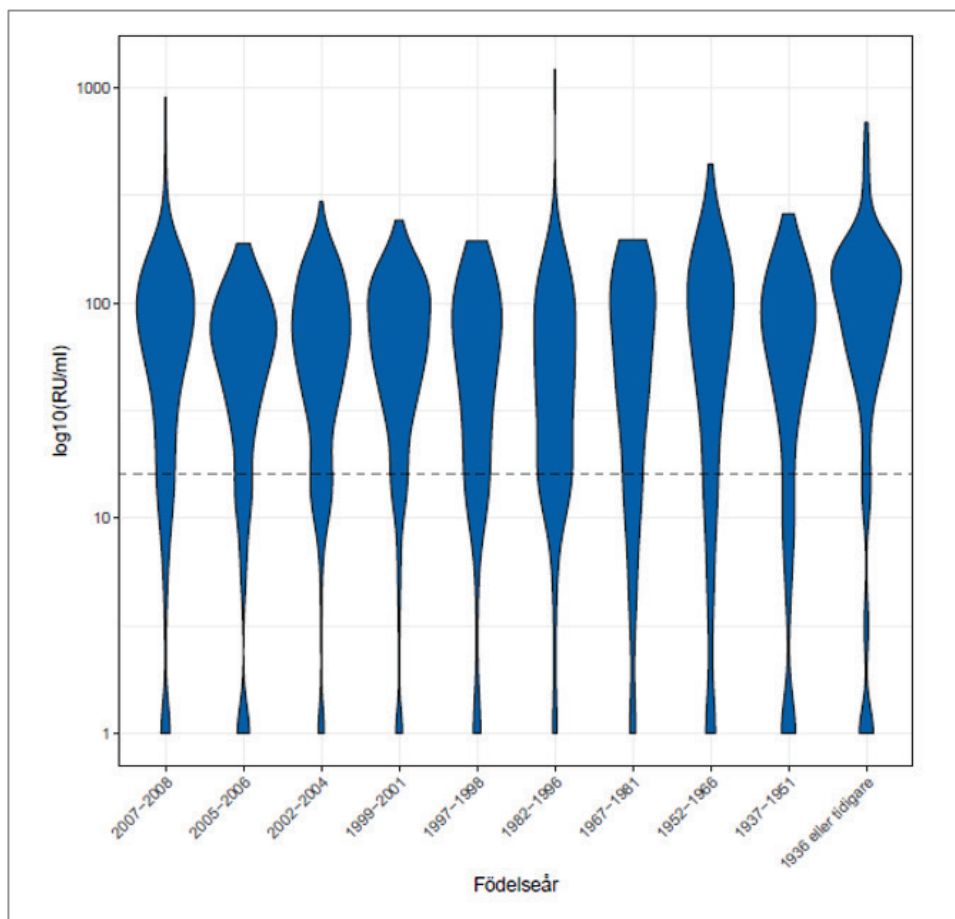
Tabell 15. Seroprevalens för påssjuka med 95 % konfidensintervall per födelsekohort och kön, 2016.

Födelsekohort	Ålder	Seroprevalens i kohorten	Seroprevalens kvinnor	Seroprevalens män
2007-2008	8-9	82 (76-87)	82 (74-89)	82 (73-89)
2005-2006	10-11	79 (71-86)	74 (61-85)	84 (73-92)
2002-2004	12-14	84 (78-89)	86 (78-92)	82 (72-90)
1999-2001	15-17	85 (78-90)	86 (77-92)	84 (74-91)
1997-1998	18-19	78 (70-85)	80 (68-89)	76 (64-86)
1982-1996	20-34	75 (66-82)	78 (65-87)	72 (60-83)
1967-1981	35-49	78 (69-85)	86 (75-94)	69 (56-80)
1952-1966	50-64	77 (69-84)	79 (66-88)	76 (64-85)
1937-1951	65-79	78 (70-84)	80 (68-88)	76 (63-86)
1936 eller tidigare	80+	88 (82-93)	91 (81-97)	84 (74-91)
Alla åldrar	8-80+	78 (75-81)	82 (77-85)	75 (70-79)

Antikropps nivåer

Bland de 1 867 analyserade proverna var mediannivån av påssjukespecifika IgG-antikroppar 62 RU/ml. Högst nivå hade den äldsta födelsekohorten (födda 1936 eller tidigare) med 96 RU/ml. Lägst nivå hade födelsekohorten födda 1982–1996 med 44 RU/ml. Se tabell 16 och figur 4.

Figur 4. Påssjukespecifika IgG-antikropps nivåer (RU/ml) per födelsekohort, 2016. Den streckade linjen visar gränsen för metodens negativa nivå (16 RU/ml).



Antikropps nivåer per kön

För kvinnor överlag var mediannivån av påssjukespecifika IgG-antikroppar 69 RU/ml. För män var mediannivån 58 RU/ml. Kvinnor hade högre mediannivå än män i de flesta enskilda födelsekohorter, se tabell 16.

Tabell 16. Påssjukespecifika IgG-antikropps nivåer (RU/ml) med interkvartilavstånd per födelsekohort och kön, 2016.

Födelsekohort	Ålder	Antikropps nivå i kohorten (RU/ml)	Antikropps nivå kvinnor (RU/ml)	Antikropps nivå män (RU/ml)
2007–2008	8–9	65 (26–115)	78 (27–117)	62 (26–99)
2005–2006	10–11	56 (27–87)	67 (27–95)	49 (27–77)
2002–2004	12–14	62 (29–101)	77 (40–118)	48 (24–77)
1999–2001	15–17	63 (34–109)	71 (35–119)	60 (34–99)
1997–1998	18–19	53 (19–95)	52 (22–102)	53 (18–91)
1982–1996	20–34	44 (16–86)	45 (17–96)	38 (16–84)
1967–1981	35–49	54 (17–112)	61 (34–127)	43 (12–91)
1952–1966	50–64	69 (22–133)	58 (25–106)	79 (14–144)
1937–1951	65–79	65 (22–106)	65 (29–98)	65 (18–110)
1936 eller tidigare	80+	96 (49–148)	102 (55–160)	87 (42–137)
Alla åldrar	8–80+	62 (25–108)	69 (29–114)	58 (23–100)

Jämförelse med den seroepidemiologiska undersökningen 2007

I undersökningen från 2007 sågs högre antikropps nivåer bland personer födda 1972 och tidigare, som alltså inte erbjudits vaccination, jämfört med yngre vaccinerade födelsekohorter. Samma bild sågs i denna undersökning, då personer födda 1966 och tidigare hade högre antikropps nivåer än yngre vuxna.

Barn 12–17 år hade i undersökningen 2007 högre antikropps nivåer än de som var 6–11 år. Det förklarades av att tonåringarna blivit erbjudna en andra dos MPR-vaccin vid 12 års ålder, medan de yngre barnen då endast erbjudits en dos. I linje med detta så hade den yngsta åldersgruppen barn i 2016 års undersökning de högsta antikropps nivåerna, eftersom denna grupp representerar dem som senast erbjudits en andra dos MPR-vaccin (i årskurs 1 eller 2, det vill säga vid 7–9 års ålder).

I båda undersökningarna sågs de högsta antikropps nivåerna hos de äldsta födelsekohorterna, trots att det sannolikt gått längst tid sedan deras infektion. Orsaken till detta är oklar. Konfidensintervallen var dock breda i båda undersökningarna, vilket innebär att skillnaden gentemot yngre åldersgrupper kan vara mindre än vad punkttestatet i respektive undersökning antyder.

Röda hund

Urval av prover

I analysen av röda hund-specifika IgG-antikroppar inkluderades prover från personer i åldrarna 8–49 år. Totalt analyserades 939 prover från 469 kvinnor och 470 män. För antal prover analyserade per födelsekohort, se tabell 17.

Tabell 17. Antal prover analyserade för röda hund-specifika antikroppar per födelsekohort, 2016.

Födelsekohort	Ålder	Antal analyserade prover
2007–2008	8–9	92
2005–2006	10–11	92
2002–2004	12–14	140
1999–2001	15–17	135
1997–1998	18–19	160
1982–1996	20–34	160
1967–1981	35–49	160
Alla åldrar	8–49	939

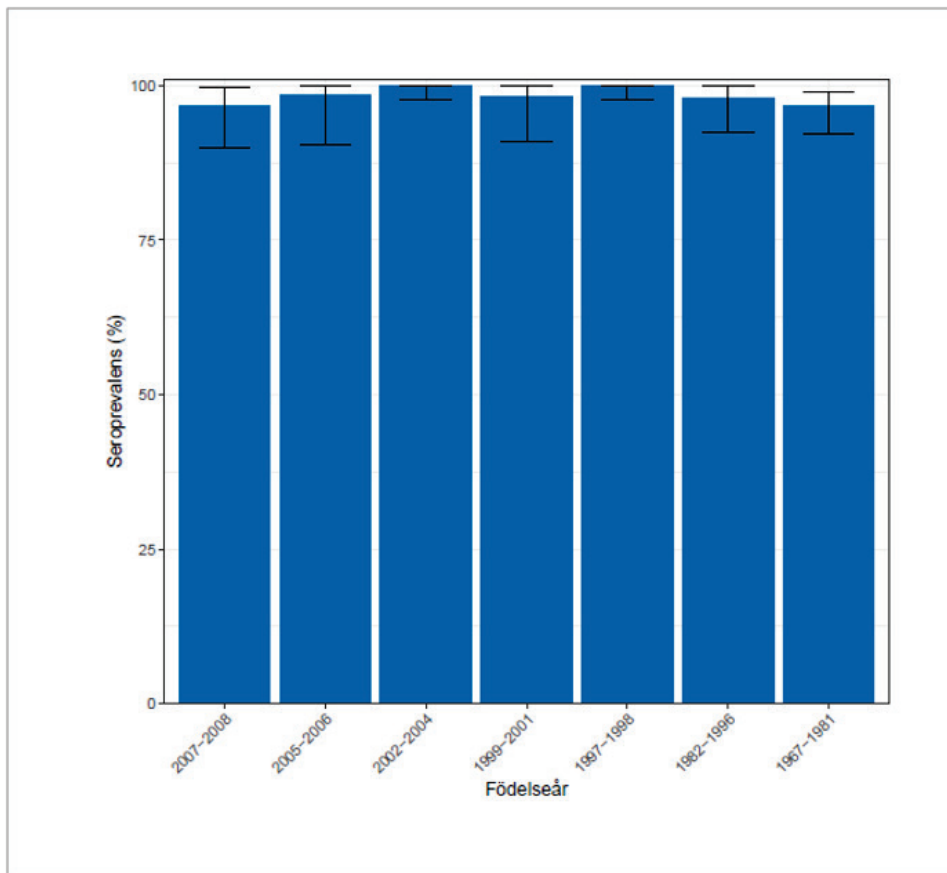
Seroprevalens

Den övergripande seroprevalensen för röda hund var 98 procent. Samtliga födelsekohorter hade hög seroprevalens, 97–100 procent (se figur 5 och tabell 18).

Seroprevalens per kön

För röda hund var seroprevalensen 99,5 procent hos kvinnor och 95,8 procent hos män. På övergripande nivå fanns en statistisk signifikant skillnad mellan könen. Inom födelsekohorterna fanns mindre, men ej statistiskt signifikanta, skillnader mellan könen (se tabell 18).

Figur 5. Seroprevalens för röda hund med 95 % konfidensintervall per födelsekohort, 2016.



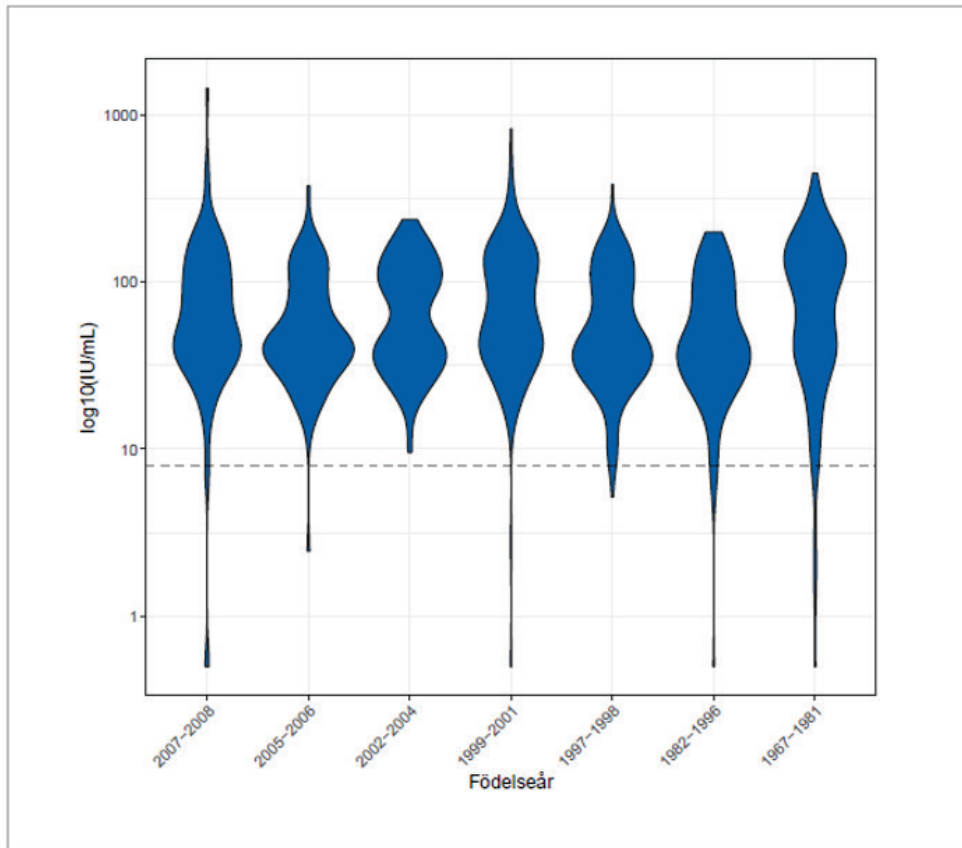
Tabell 18. Seroprevalens för röda hund med 95 % konfidensintervall per födelsekohort och kön, 2016.

Födelsekohort	Ålder	Seroprevalens i kohorten	Seroprevalens kvinnor	Seroprevalens män
2007-2008	8-9	97 (90-100)	95 (81-100)	98 (91-100)
2005-2006	10-11	98 (90-100)	100 (93-100)	97 (82-100)
2002-2004	12-14	100 (98-100)	100 (95-100)	100 (95-100)
1999-2001	15-17	98 (91-100)	96 (82-100)	100 (95-100)
1997-1998	18-19	100 (98-100)	100 (96-100)	100 (95-100)
1982-1996	20-34	98 (92-100)	100 (96-100)	96 (85-100)
1967-1981	35-49	97 (92-99)	99 (95-100)	94 (86-98)
Alla åldrar	8-49	98 (95-99)	99,5 (98-100)	95,8 (92-98)

Antikropps nivåer

Mediannivån av röda hund-specifika IgG-antikroppar i de analyserade proverna var 48 IU/ml. I prover från personer födda 1967–1981 var mediannivån av antikroppar högst (82,8 IU/ml). Bland de yngre födelsekohorterna hade personer födda 1999–2001 högst mediannivå på 62,7 IU/ml. Lägst mediannivå fanns bland de som var födda 1982–1996 (42,5 IU/ml). Se tabell 19 och figur 6.

Figur 6. Röda hund-specifika IgG-antikropps nivåer (IU/ml) per födelsekohort, 2016. Den streckade linjen indikerar gränsen för metodens negativa nivå < 8 IU/ml.



Tabell 19. Röda hund-specifika IgG-antikroppar (IU/ml) med interkvartilavstånd per födelsekohort och kön, 2016.

Födelsekohort	Ålder	Antikropps-nivå i kohorten (IU/ml)	Antikropps-nivå kvinnor (IU/ml)	Antikropps-nivå män (IU/ml)
2007–2008	8–9	53 (38–114)	73 (45–116)	42 (31–106)
2005–2006	10–11	44 (32–80)	47 (33–92)	43 (31–76)
2002–2004	12–14	50 (34–114)	55 (35–120)	50 (33–112)
1999–2001	15–17	63 (37–132)	69 (39–142)	52 (36–120)
1997–1998	18–19	44 (30–95)	46 (30–95)	41 (30–90)
1982–1996	20–34	43 (27–83)	42 (28–76)	43 (27–86)
1967–1981	35–49	83 (37–147)	95 (40–145)	69 (32–149)
Alla åldrar	8–49	48 (33–114)	51 (36–114)	46 (31–112)

Antikropps-nivåer per kön

Bland kvinnor var mediannivån av röda hund-specifika antikroppar något högre än bland män, 51 IU/ml respektive 46 IU/ml. Kvinnor hade också högre antikropps-nivåer än män i de flesta enskilda födelsekohorter. Se tabell 19.

Jämförelse med den seroepidemiologiska undersökningen 2007

Inga större skillnader sågs 2016 jämfört med den förra undersökningen, seroprevalensen för röda hund var mycket hög vid båda undersökningarna.

Slutsatser – immunitetsläget mot mässling, påssjuka och röda hund

Den genomsnittliga seroprevalensen var hög för både mässling, påssjuka och röda hund, liksom den varit i tidigare svenska seroepidemiologiska undersökningar (1, 2). Seroprevalensen var högst för röda hund, följt av mässling och sedan påssjuka. Detta är i linje med andelen som brukar utveckla antikroppar efter vaccination mot respektive sjukdom; 99–100 procent efter vaccination mot röda hund och 90–95 procent efter vaccination mot mässling och påssjuka (7, 8). Det är också känt att antikropps nivåerna mot påssjuka avtar med tid sedan vaccination, och att nivåerna med tiden kan hamna under detektionsnivå (8).

Seroprevalensen för både mässling och påssjuka var lägst bland personer födda 1982–1996. Andelen med antikroppar mot röda hund var dock hög även i denna åldersgrupp. Eftersom endast MPR-vaccin använts för vaccination av denna åldersgrupp, vaccinationstäckningen varit hög och cirkulationen av mässling låg, är det mer troligt att antikropparna mot mässling och påssjuka har minskat över tid, än att personerna är ovaccinerade. Det innebär att majoriteten sannolikt har ett visst skydd mot sjukdomarna, även om antikropps nivåerna är låga, till exempel via cellmedierad immunitet. Resultaten baserar sig också på prover från ett begränsat antal individer (92 st.), vilket medför att det blir en viss osäkerhet kring den beräknade seroprevalensen, något som avspeglas i konfidensintervallen. Det innebär att de faktiska skillnaderna mellan olika åldersgrupper kanske är mindre än vad de verkar vara. Kommande undersökningar, av denna och närliggande åldersgrupper, med ett större antal provtagna individer, kan ge tydligare resultat.

Trots att seroprevalensen för påssjuka bara var 78 procent, har vi inte haft några stora utbrott av denna sjukdom i Sverige de senaste 40 åren. Detta talar för att befolkningens immunitet är tillräcklig för att förhindra smittspridning. Det saknas ett korrelat till skydd för antikropps nivåer mot påssjuka, vilket försvårar tolkningen av resultaten. Dessutom kan den vaccininducerade immuniteten ge olika grader av skydd mot olika genotyper av parotitvirus, vilket ytterligare försvårar tolkningen. Avsaknaden av utbrott kan också bero på att smittämnet inte längre cirkulerar i så stor omfattning i Sverige och att individer, som på grund av sina låga antikropps nivåer annars vore mottagliga för sjukdom, inte insjuknar för att de inte träffar på smittämnet.

I och med introduktionen av mässlingsvaccin 1971, och den höga vaccinationstäckningen, kommer Sverige snart ha en population med huvudsakligen vaccininducerad immunitet mot mässling med lägre antikropps nivåer, jämfört med tidigare då majoriteten hade infektionsinducerad immunitet och högre antikropps nivåer. Hur det vaccininducerade långtidsskyddet mot mässling ser ut kommer fortsatt behöva följas och utvärderas. Dock är genombrottsinfektioner, det vill säga infektioner hos vaccinerade individer, ovanliga och har inte ökat de senaste åren.

2015 förklarade WHO:s Europaregion formellt att mässling eliminerats från Sverige (9). WHO rekommenderar att samtliga länder eftersträvar en vaccinationstäckning på 95 procent eller högre med två doser i samtliga åldersgrupper för att uppnå och bibehålla eliminering av mässling (10, 11). Om 90–95 procent av vaccinerade individer utvecklar antikroppar motsvarar den uppmätta seroprevalensen på 93 procent en täckningsgrad med minst en dos på 94–99 procent. Detta talar för att det inte finns behov av några särskilda vaccinationsinsatser riktade till hela befolkningen i syfte att bibehålla eliminering. Majoriteten av de senaste årens anmälda fall av mässling har utgjorts av individer som var ovaccinerade eller där vaccinationsstatusen var oklar. I den mån ovaccinerade individer kan identifieras och nås, bör eventuella vaccinationsinsatser istället riktas mot dem.

I nuläget ser vi inget behov av någon generell extra vaccinationsinsats för att stärka befolkningens skydd mot någon av de tre sjukdomarna. Ovaccinerade personer bör dock, liksom tidigare, rekommenderas att vaccinera sig, särskilt inför utlandsresor där risken att smittas är högre än i Sverige (12). Även personer som endast fått en dos MPR-vaccin bör vaccineras med en andra dos. Detta kan minska risken för import av fall som smittats utomlands och efterföljande smittspridning eller utbrott i landet.

Difteri

Urval av prover

I analysen av difterispecifika IgG-antikroppar inkluderades prover från personer 8 år och äldre. Totalt analyserades 4 286 prover (från 2 144 kvinnor och 2 142 män). För antal prover per födelsekohort, se tabell 20.

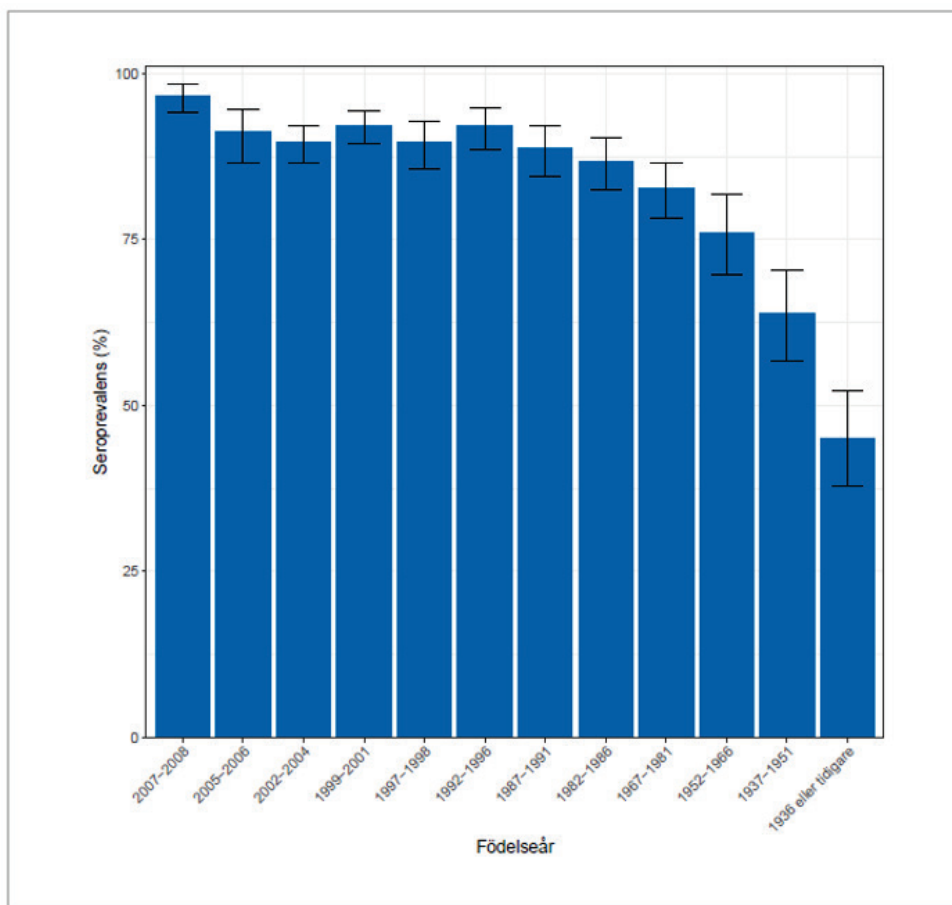
Tabell 20. Antal prover analyserade för difterispecifika antikroppar per födelsekohort, 2016.

Födelsekohort	Ålder	Antal analyserade prover
2007–2008	8–9	267
2005–2006	10–11	268
2002–2004	12–14	510
1999–2001	15–17	513
1997–1998	18–19	340
1992–1996	20–24	395
1987–1991	25–29	403
1982–1986	30–34	385
1967–1981	35–49	403
1952–1966	50–64	267
1937–1951	65–79	267
1936 eller tidigare	80+	268
Alla åldrar	8–80+	4 286

Seroprevalens

Den övergripande seroprevalensen för difteri var 79 procent. Seroprevalensen varierade mellan födelsekohorterna. Det var högst seroprevalens i den yngsta gruppen födda 2007–2008 (97 procent) och lägst i gruppen födda 1936 eller tidigare (45 procent). Seroprevalensen var på liknande nivå i samtliga födelsekohorter upp till 30 års ålder, därefter minskade den gradvis med stigande ålder. Se tabell 21 och figur 7.

Figur 7. Seroprevalens för difteri med 95 % konfidensintervall per födelsekohort, 2016.



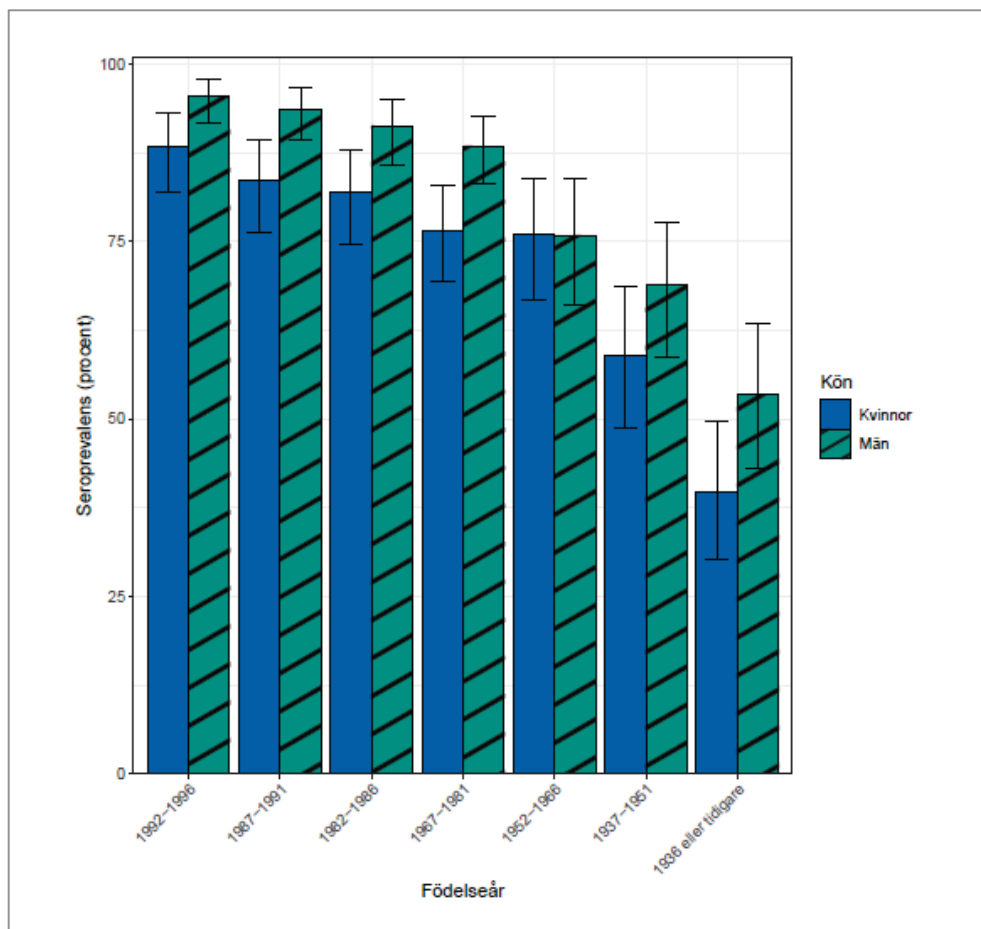
Tabell 21. Seroprevalens för difteri med 95 % konfidensintervall per födelsekohort och kön, 2016.

Födelsekohort	Ålder	Seroprevalens i kohorten	Seroprevalens kvinnor	Seroprevalens män
2007-2008	8-9	97 (94-98)	96 (92-99)	97 (94-99)
2005-2006	10-11	91 (87-95)	91 (83-96)	92 (85-96)
2002-2004	12-14	90 (87-92)	90 (86-94)	89 (84-93)
1999-2001	15-17	92 (89-94)	92 (88-95)	92 (88-95)
1997-1998	18-19	90 (86-93)	89 (83-94)	90 (84-94)
1992-1996	20-24	92 (89-95)	88 (82-93)	96 (92-98)
1987-1991	25-29	89 (85-92)	84 (76-89)	94 (89-97)
1982-1986	30-34	87 (82-90)	82 (75-88)	91 (86-95)
1967-1981	35-49	83 (78-87)	77 (69-83)	88 (83-93)
1952-1966	50-64	76 (70-82)	76 (67-84)	76 (66-84)
1937-1951	65-79	64 (57-70)	59 (49-69)	69 (59-78)
1936 eller tidigare	80+	45 (38-52)	40 (30-50)	53 (43-64)
Alla födelseår	8-80+	79 (77-81)	75 (72-78)	83 (81-86)

Seroprevalens per kön

För difteri var seroprevalensen 75 procent hos kvinnor och 83 procent hos män. Bland vuxna 20 år och äldre hade män högre seroprevalens än kvinnor i nästan alla födelsekohorter, se tabell 21. I de fyra födelsekohorterna med personer födda 1967–1996 var skillnaderna i seroprevalensen mellan könen statistiskt signifikanta. Se tabell 21 och figur 8.

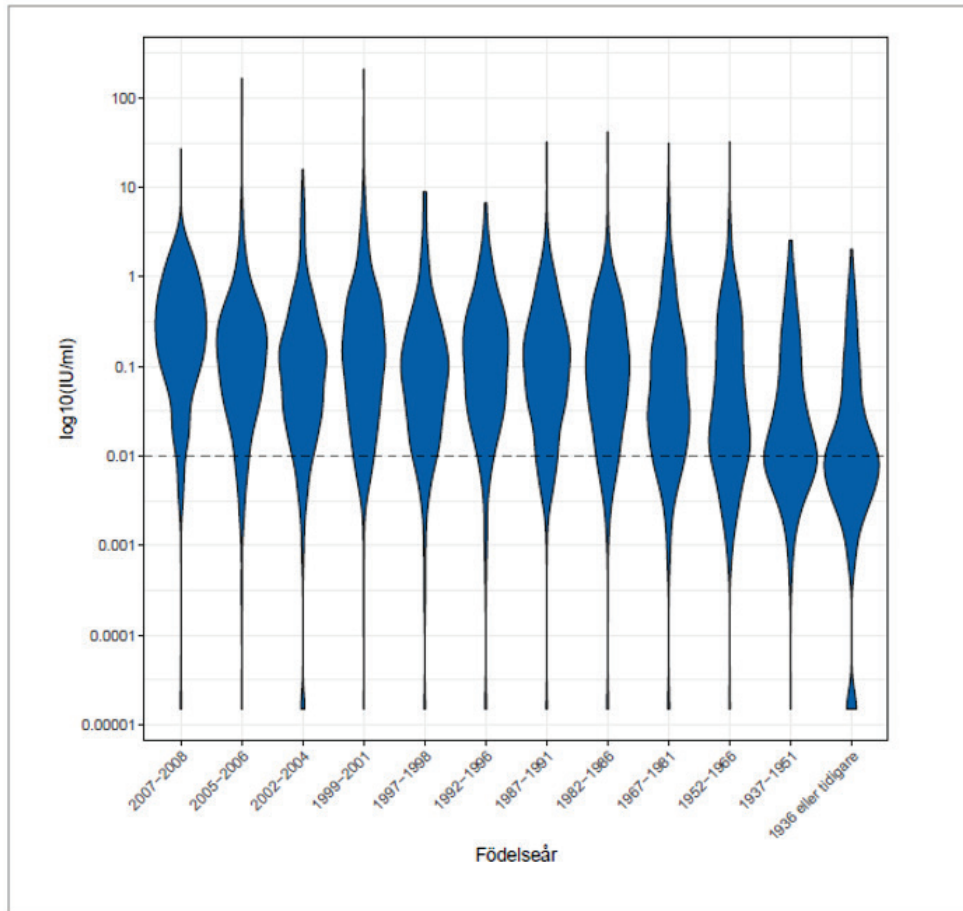
Figur 8. Seroprevalens för difteri med 95 % konfidensintervall per födelsekohort och kön för vuxna 20 år och äldre, 2016.



Antikropps nivåer

För de 4 286 analyserade proverna låg mediannivån av difterispecifika IgG-antikroppar på 0,07 IU/ml. Födelsekohorten 2007–2008 hade högst mediannivå av antikroppar: 0,23 IU/ml. Liksom för seroprevalensen sågs en lägre antikropps nivå med tid sedan den senaste schemalagda vaccinationen. Lägst titer hade födelsekohorten med personer födda 1936 eller tidigare (0,01 IU/ml). Se tabell 22 och figur 9.

Figur 9. Difterispecifika IgG-antikropps nivåer per födelsekohort, 2016. Den streckade linjen visar gränsen för metodens negativa nivå (< 0,01 IU/ml).



Antikropps nivåer per kön

För kvinnor var mediannivån av difterispecifika antikroppar 0,06 IU/ml och för män var motsvarande siffra 0,09 IU/ml. Även i de olika födelsekohorterna hade män högre nivåer än kvinnor, se tabell 22.

Tabell 22. Difterispecifika IgG-antikropps nivåer (IU/ml) med interkvartilavstånd per födelsekohort och kön, 2016.

Födelsekohort	Ålder	Antikropps nivå i kohorten (IU/ml)	Antikropps nivå kvinnor (IU/ml)	Antikropps nivå män (IU/ml)
2007–2008	8–9	0,23 (0,08–0,59)	0,22 (0,07–0,72)	0,24 (0,09–0,47)
2005–2006	10–11	0,12 (0,04–0,31)	0,11 (0,03–0,23)	0,15 (0,04–0,35)
2002–2004	12–14	0,08 (0,02–0,23)	0,07 (0,02–0,16)	0,12 (0,03–0,31)
1999–2001	15–17	0,12 (0,03–0,42)	0,12 (0,03–0,37)	0,13 (0,03–0,42)
1997–1998	18–19	0,08 (0,02–0,22)	0,08 (0,02–0,2)	0,08 (0,02–0,25)
1992–1996	20–24	0,11 (0,03–0,33)	0,08 (0,03–0,28)	0,14 (0,04–0,36)
1987–1991	25–29	0,10 (0,03–0,27)	0,06 (0,02–0,19)	0,13 (0,04–0,33)
1982–1986	30–34	0,09 (0,03–0,27)	0,05 (0,02–0,19)	0,11 (0,04–0,4)
1967–1981	35–49	0,04 (0,01–0,16)	0,03 (0,01–0,13)	0,05 (0,02–0,2)
1952–1966	50–64	0,03 (0,01–0,17)	0,03 (0,01–0,14)	0,04 (0,01–0,18)
1937–1951	65–79	0,01 (0,01–0,07)	0,01 (0,01–0,07)	0,02 (0,01–0,07)
1936 eller tidigare	80+	0,01 (0,01–0,03)	0,01 (0,00–0,03)	0,01 (0,00–0,04)
Alla åldrar	8–80+	0,07 (0,02–0,25)	0,06 (0,01–0,21)	0,09 (0,02–0,30)

Jämförelse med den seroepidemiologiska undersökningen 1997

För 2007 års seroepidemiologiska undersökning undersöktes inte seroprevalensen för difteri i hela befolkningen utan endast i begränsade åldersgrupper. Därför används 1997 års undersökning som jämförelse.

Resultaten från både 1997 och 2016 visade en lägre seroprevalens med stigande ålder bland vuxna. I båda undersökningarna var seroprevalensen högre hos män än kvinnor i samma ålder. Resultaten talar inte för att rekommendationen om regelbundna påfyllnadsdoser, som kom 2009, inte har bidragit till en ökad immunitet bland vuxna.

Stelkramp

Urval av prover

I analysen av stelkrampsspecifika IgG-antikroppar inkluderades prover från personer 12 år och äldre. Totalt analyserades 3 750 prover från 1 875 kvinnor och 1 875 män. För antal prover per födelsekohort, se tabell 23.

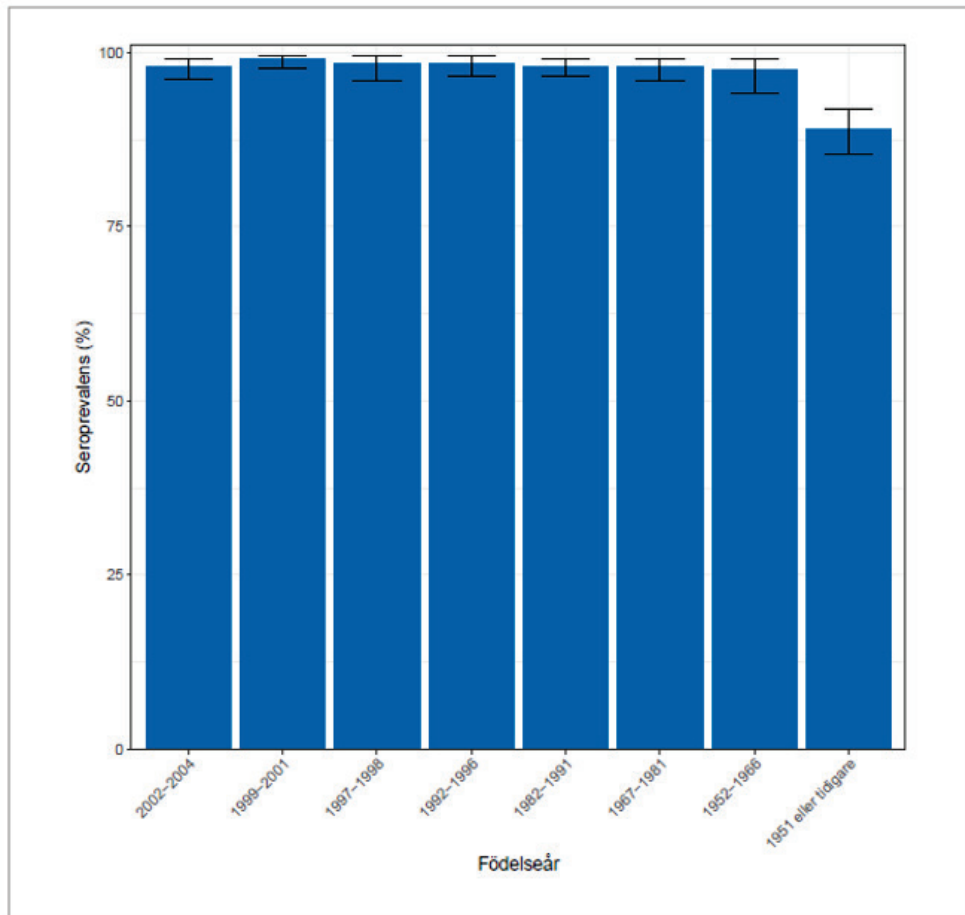
Tabell 23. Antal prover analyserade för stelkrampsspecifika antikroppar per födelsekohort, 2016.

Födelsekohort	Ålder (år)	Antal analyserade prover
2002–2004	12–14	510
1999–2001	15–17	513
1997–1998	18–19	340
1992–1996	20–24	395
1982–1991	25–34	788
1967–1981	35–49	403
1952–1966	50–64	267
1951 eller tidigare	65+	534
Alla födelseår	8–65+	3 750

Seroprevalens

Den övergripande seroprevalensen för stelkramp var 96 procent. I de flesta analyserade födelsekohorterna var seroprevalensen 97–99 procent, se figur 10 och tabell 24. Endast i den äldsta födelsekohorten, det vill säga bland personer födda 1951 eller tidigare, var seroprevalensen något lägre, 89 procent.

Figur 10. Seroprevalens för stelkramp med 95 % konfidensintervall per födelsekohort, 2016.



Seroprevalens per kön

Hos kvinnor var seroprevalensen för stelkramp 94 procent. Seroprevalensen bland män var signifikant högre, 98 procent. I den äldsta födelsekohorten, bland personer födda 1951 eller tidigare, var seroprevalensen hos män signifikant högre än hos kvinnor, 93 respektive 85 procent. I övriga födelsekohorter fanns inte några större skillnader i seroprevalens mellan könen. Se tabell 24.

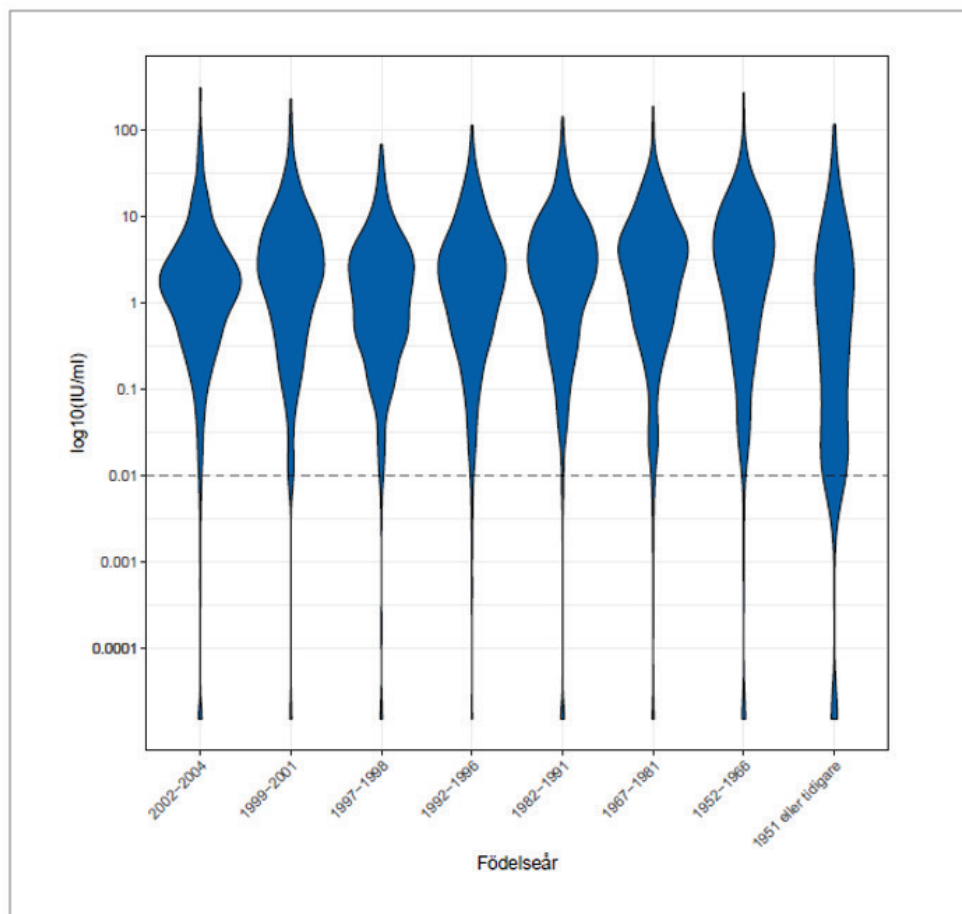
Tabell 24. Seroprevalens för stelkramp med 95 % konfidensintervall per födelsekohort och kön, 2016.

Födelsekohort	Ålder	Seroprevalens i kohorten	Seroprevalens kvinnor	Seroprevalens män
2002–2004	12–14	98 (96–99)	98 (95–99)	98 (96–99)
1999–2001	15–17	99 (98–100)	98 (96–99)	100 (99–100)
1997–1998	18–19	98 (96–100)	99 (93–100)	98 (95–99)
1992–1996	20–24	98 (97–100)	98 (95–100)	99 (96–100)
1982–1991	25–34	98 (97–99)	97 (94–99)	99 (97–100)
1967–1981	35–49	98 (96–99)	98 (95–99)	98 (95–100)
1952–1966	50–64	97 (94–99)	96 (91–99)	99 (94–100)
1951 eller tidigare	65+	89 (86–92)	85 (80–90)	93 (89–96)
Alla födelseår	12–65+	96 (95–97)	94 (93–96)	98 (96–99)

Antikropps nivåer

För de 3 750 analyserade proverna låg mediannivån av stelkrampsspecifika IgG-antikroppar på 1,7 IU/ml. I de födelsekohorter som erbjudits vaccination varierade antikropps nivåerna mellan 1,2 och 2,6 IU/ml. Högre genomsnittliga antikropps nivåer fanns bland personer födda 1999–2001 (15–17 år gamla) samt bland personer födda 1952–1982 (25–64 år gamla). För den ovaccinerade födelsekohorten (med personer födda 1951 eller tidigare) var dock mediannivån betydligt lägre, 0,4 IU/ml. Se figur 11 och tabell 25.

Figur 11. Stelkrampsspecifika IgG-antikropps nivåer per födelsekohort, 2016. Den streckade linjen visar gränsen för metodens negativa nivå (0,01 IU/ml).



Antikropps nivåer per kön

Överlag hade män högre mediannivå av stelkrampsspecifika antikroppar än kvinnor, 2,0 IU/ml jämfört med 1,4 IU/ml, se tabell 25.

Antikropps nivåerna hos män respektive kvinnor speglade resultaten för seroprevalens, med störst skillnad i den äldsta födelsekohorten (personer födda 1951 eller tidigare). Även bland personer födda 1982-1991 respektive 1952-1966 sågs en markant skillnad i antikropps nivåer mellan könen, där mediannivån för männen var dubbelt så hög som för kvinnorna.

Tabell 25. Stelkrampsspecifika IgG-antikropps nivåer (IU/ml) med interkvartilavstånd per födelsekohort och kön, 2016.

Födelsekohort	Ålder	Antikropps nivå i kohorten (IU/ml)	Antikropps nivå kvinnor (IU/ml)	Antikropps nivå män (IU/ml)
2002–2004	12–14	1,4 (0,5–3,3)	1,3 (0,4–2,8)	1,6 (0,5–3,8)
1999–2001	15–17	2,1 (0,6–5,8)	2,1 (0,6–5,8)	2,2 (0,6–5,8)
1997–1998	18–19	1,2 (0,4–3,4)	1,3 (0,4–3,4)	1,2 (0,4–3,4)
1992–1996	20–24	1,7 (0,5–4,5)	1,6 (0,4–4,5)	1,9 (0,5–4,5)
1982–1991	25–34	2,3 (0,6–5,9)	1,6 (0,4–4,3)	3,1 (1,0–7,8)
1967–1981	35–49	2,4 (0,6–6,1)	2,2 (0,5–5,1)	2,7 (0,6–8,3)
1952–1966	50–64	2,6 (0,5–7,4)	1,6 (0,3–4,7)	3,6 (0,8–8,9)
1951 eller tidigare	65+	0,4 (0,0–2,5)	0,2 (0,0–1,7)	1,0 (0,1–3,5)
Alla födelseår	12–65+	1,7 (0,4–4,8)	1,4 (0,3–4,1)	2,0 (0,5–5,4)

Jämförelse med den seroepidemiologiska undersökningen 1997

För 2007 års seroepidemiologiska undersökning undersöktes inte seroprevalensen för stelkramp i hela befolkningen utan endast i begränsade åldersgrupper. Därför används 1997 års undersökning som jämförelse.

I 1997 års undersökning sågs lägre seroprevalens med stigande ålder, medan de flesta vuxna födelsekohorterna (18 år och äldre) hade en hög seroprevalens i 2016 års undersökning. Lägre prevalens sågs dock för den äldsta födelsekohorten i båda studierna. Skillnaden mellan undersökningarna kan förklaras av att flera av de vuxna åldersgrupperna i 1997 års undersökning var födda innan allmän vaccination startade. För barn sågs liknande hög seroprevalens i båda undersökningarna.

Kikhosta

Urval av prover

I analysen av kikhostespecifika IgG-antikroppar inkluderades prover från personer 8 år och äldre. Totalt analyserades 4 286 prover från 2 144 kvinnor och 2 142 män. För antal prover per födelsekohort, se tabell 26.

Tabell 26. Antal prover analyserade för kikhostespecifika antikroppar per födelsekohort, 2016.

Födelsekohort	Ålder	Antal analyserade prover
2007–2008	8–9	267
2005–2006	10–11	268
2002–2004	12–14	510
1999–2001	15–17	513
1997–1998	18–19	340
1982–1996	20–34	1 183
1967–1981	35–49	403
1952–1966	50–64	267
1937–1951	65–79	267
1936 eller tidigare	80+	268
Alla födelseår	8–80+	4 286

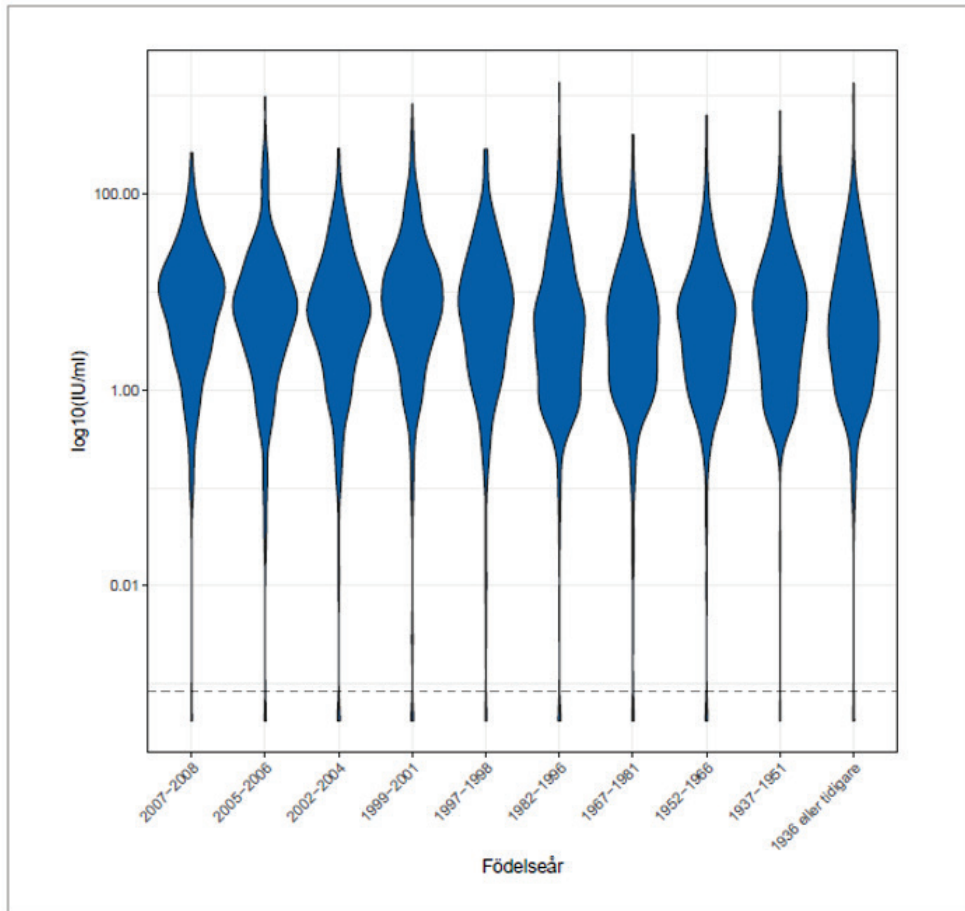
Seroprevalens

Det saknas fastställda värden för olika referensnivåer för antikroppar mot kikhosta. Det gör att ingen seroprevalens kan beräknas, eftersom denna baseras på andelen prover med antikroppar över gränsen för negativt värde.

Antikroppsivåer

För de 4 286 analyserade individerna låg mediannivån av kikhostespecifika IgG-antikroppar på 5,0 IU/ml. Generellt sågs ingen större skillnad mellan födelsekohorterna. De yngre födelsekohorterna som erbjudits vaccination senast hade något högre nivåer än de äldre födelsekohorterna, se figur 12 och tabell 27.

Figur 12. Kikhostespecifika IgG-antikropps nivåer (IU/ml) per födelsekohort, 2016. Den streckade linjen visar gränsen för ej detekterbara nivåer av antikroppar ($< 0,00084$ IU/ml).



Antikropps nivåer per kön

För kvinnor var den övergripande mediannivån av kikhostespecifika antikroppar 4,9 IU/ml och för män var motsvarande siffra 5,2 IU/ml. Inom födelsekohorterna fanns ingen större skillnad mellan könen, se tabell 27.

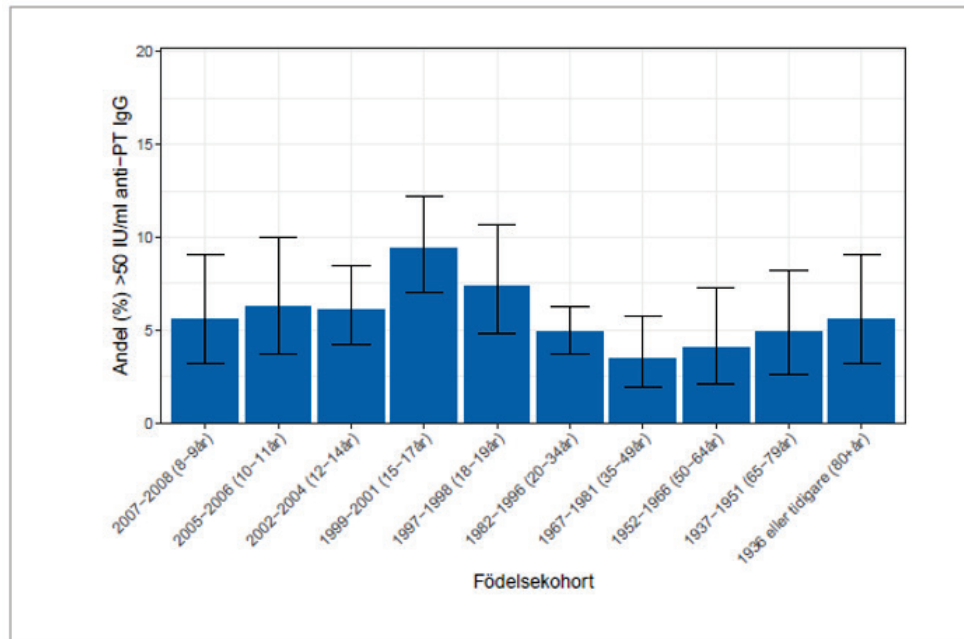
Tabell 27. Kikhostespecifika IgG-antikropps nivåer (IU/ml) med interkvartilavstånd per födelsekohort och kön, 2016.

Födelsekohort	Ålder	Antikropps nivå i kohorten (IU/ml)	Antikropps nivå kvinnor (IU/ml)	Antikropps nivå män (IU/ml)
2007–2008	8–9	7,9 (2,6–17,2)	9,4 (2,5–19,0)	7,2 (2,7–15)
2005–2006	10–11	6,1 (2,3–13,7)	6,6 (2,6–13,7)	6,0 (1,9–13,6)
2002–2004	12–14	5,8 (2,0–13,5)	5,3 (1,9–12,6)	6,5 (2,2–14,9)
1999–2001	15–17	7,7 (2,9–18,0)	7,4 (2,6–15,7)	8,1 (3–21,4)
1997–1998	18–19	6,2 (1,9–16,2)	5,6 (1,8–13,9)	7,2 (2–18,6)
1982–1996	20–34	3,5 (1,1–10,3)	3,2 (1–9,1)	4,1 (1,2–11,3)
1967–1981	35–49	3,6 (1,2–9,9)	3,9 (1,1–8,8)	3,3 (1,2–11,2)
1952–1966	50–64	4,4 (1,4–9,9)	3,8 (1,5–9,3)	4,6 (1,4–10,6)
1937–1951	65–79	5,0 (1,6–12,9)	4,9 (1,8–10,9)	5,0 (1,4–14,2)
1936 eller tidigare	80+	4,4 (1,5–13,2)	4,1 (1,7–9,8)	4,5 (1,2–15,1)
Alla födelseår	8–80+	5,0 (1,6–13,1)	4,9 (1,6–12,0)	5,2 (1,6–14,5)

Andel prover med antikropps nivåer över 50 IU/ml

För att utvärdera infektionstrycket av kikhosta i befolkningen analyserades antalet individer med kikhostespecifika IgG-antikropps nivåer över 50 IU/ml. Denna nivå används som en indikation på en genomgången infektion de senaste två åren (13–15). Jämfört med yngre åldersgrupper sågs fler individer med höga antikropps nivåer i kohorten född 1999–2001. Andelen individer med antikroppar över 50 IU/ml avtog sedan med stigande ålder för unga vuxna, för att sedan öka något bland kohorterna födda 1966 eller tidigare. Se figur 13 och tabell 28.

Figur 13. Andel individer i procent per födelsekohort med kikhostespecifika IgG-antikropps nivåer över 50 IU/ml vilket indikerar en nyligen genomgången infektion, 2016. Observera att skalan på y-axeln endast sträcker sig till 20 procent.



Tabell 28. Antal och andel prover med kikhostespecifika IgG-antikropps nivåer över 50 IU/ml per födelsekohort, 2016.

Födelsekohort	Ålder	Antal prover totalt	Antal prover > 50 IU/ml	Andel prover > 50 IU/ml (%)
2007-2008	8-9	267	15	5,6
2005-2006	10-11	268	17	6,3
2002-2004	12-14	510	31	6,1
1999-2001	15-17	513	48	9,4
1997-1998	18-19	340	25	7,4
1982-1996	20-34	1183	58	4,9
1967-1981	35-49	403	14	3,5
1952-1966	50-64	267	11	4,1
1937-1951	65-79	267	13	4,9
Alla födelseår	80+	268	15	5,6

Jämförelse med den Seroepidemiologiska undersökningen 2007

Andelen individer med antikropps nivåer som indikerar en nyligen genomgången infektion var i samma storleksordning i både 2007 och 2016 års undersökningar. Högst andel med antikropps nivåer över 50 IU/ml sågs hos tonåringar i både 2007 och 2016 års undersökningar.

Slutsatser om immunitetsläget mot difteri, stelkramp och kikhosta

Seroprevalensen för stelkramp och difteri var överlag hög i befolkningen, i likhet med tidigare seroepidemiologiska undersökningar (1, 2). Seroprevalensen var högre för stelkramp än för difteri. Antikropps nivåerna mot difteri avtog snabbt med tid efter senast erbjudna vaccindos medan antikropps nivåerna mot stelkramp upprätthölls längre. Den äldsta födelsekohorten hade lägst seroprevalens för båda sjukdomarna. För stelkramp minskade seroprevalensen markant mellan den näst äldsta och äldsta födelsekohorten till skillnad från difteri där seroprevalensen avtog mer kontinuerligt. Detta ses även i andra länder med hög vaccinationstäckning för difteri (16). Trots låg seroprevalens för difteri hade den äldsta födelsekohorten en mediannivå av difterispecifika antikroppar på 0,01 IU/ml, vilket är den nivå som är kopplad till skydd mot sjukdom (17, 18). För stelkramp var medianvärdet för den äldsta åldersgruppen över den skyddande nivån ($> 0,1$ IU/ml) (8).

För difteri sågs i de vuxna födelsekohorterna överlag högre antikropps nivåer hos männen än kvinnorna. I flera födelsekohorter var skillnaderna statistiskt signifikanta. Att män generellt har högre antikropps nivåer mot difteri har observerats tidigare, både i 1997 års undersökning och i andra länder (16, 19, 20). För stelkramp har män högre antikropps nivåer än kvinnor, framför allt i den äldsta födelsekohorten. Orsaken till dessa skillnader är oklar, men en förklaring kan vara att män i större omfattning kan ha erbjudits difteri- och stelkrampsvaccinationer under livet, exempelvis efter sårskador och i samband med militärtjänstgöring.

Även om risken att insjukna i difteri är låg i Sverige idag är det viktigt att upprätthålla ett skydd för att förhindra svåra sjukdomsfall, utbrott och återetablering av sjukdomen i landet. Rekommendationen om en påfyllnadsdos av vaccin mot difteri (och stelkramp) vart tjugonde år är därför viktig att följa (21).

Mot stelkramp är vaccination det enda tillgängliga skyddet. Eftersom den äldsta åldersgruppen i denna undersökning (födda 1951 och tidigare) inte har omfattats av ett nationellt vaccinationsprogram är det sannolikt att det i den gruppen finns en större andel ovaccinerade eller ofullständigt vaccinerade än i andra åldersgrupper.

Antikropps nivåerna mot kikhosta var som förväntat låga. Varken infektion eller vaccination ger höga nivåer av antikroppar som kvarstår länge (14, 22). Den vaccininducerade immuniteten mot kikhosta beräknas endast vara i cirka fem år (23, 24). Nivåer över 50 IU/ml kan användas som ett mått på en genomgången infektion de senaste två åren. Hos vuxna låg andelen med antikroppar över denna nivå på 3,5–5,6 procent per födelsekohort. Liknande siffror har setts i en dansk studie av hälso- och sjukvårdspersonal (25). Födelsekohorten 1999–2001 (15–17 år) hade den högsta andelen med antikroppar över denna nivå, vilket indikerar att infektionstrycket var som högst i denna åldersgrupp. Vid tidpunkten för denna undersökning hade påfyllnadsdosen vid 14–16 års ålder ännu inte implementerats. Programförändringen kommer med största sannolikhet stärka immuniteten i åldersgruppen, vilket kan följas upp i kommande studier.

Polio

Urval av prover

I analysen av neutraliserande antikroppar mot polio typ 1 och 3 inkluderades prover från personer i åldrarna 10 år och äldre, motsvarande födelsekohorterna födda 2006 och tidigare. Totalt ingick 640 prover i analysen från 326 kvinnor och 314 män. För antal prov per födelsekohort, se tabell 29.

Tabell 29. Antal prover analyserade för poliospecifika antikroppar per födelsekohort, 2016.

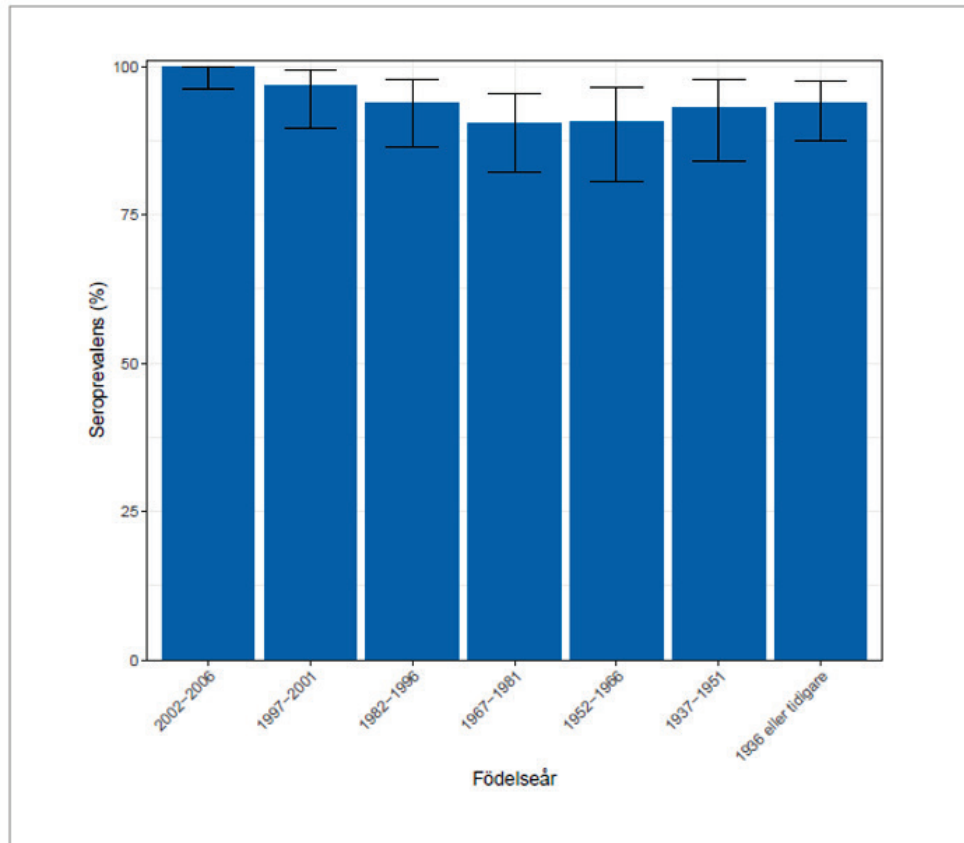
Födelsekohort	Ålder	Antal analyserade prover
2002–2006	10–14	92
1997–2001	15–19	92
1982–1996	20–34	91
1967–1981	35–49	92
1952–1966	50–64	91
1937–1951	65–79	90
1936 eller tidigare	80+	92
Alla födelseår	10–80+	640

Polio typ 1

Seroprevalens

Den övergripande seroprevalensen för polio typ 1 var 93 procent. I den yngsta födelsekohorten (födda 2002–2006) var seroprevalensen högst, 100 procent. Lägst seroprevalens på 90 procent hade födelsekohorten med personer födda 1967–1981. Se figur 14 och tabell 30.

Figur 14. Seroprevalens för polio typ 1 med 95 % konfidensintervall per födelsekohort, 2016.



Seroprevalens per kön

För polio typ 1 var seroprevalensen hos kvinnor 95 procent och hos män 90 procent. I födelsekohorten 1937–1951 hade kvinnor signifikant högre seroprevalens än män, 100 procent jämfört med 86 procent. I övriga födelsekohorter fanns inga signifikanta skillnader mellan könen, se tabell 30.

Tabell 30. Seroprevalens för polio typ 1 med 95 % konfidensintervall per födelsekohort och kön, 2016.

Födelsekohort	Ålder	Seroprevalens i kohorten	Seroprevalens kvinnor	Seroprevalens män
2002–2006	10–14	100 (96–100)	100 (92–100)	100 (92–100)
1997–2001	15–19	97 (90–100)	98 (92–100)	95 (82–100)
1982–1996	20–34	94 (87–98)	93 (82–99)	94 (82–99)
1967–1981	35–49	90 (82–96)	92 (80–98)	89 (76–96)
1952–1966	50–64	91 (81–97)	95 (81–100)	86 (69–96)
1937–1951	65–79	93 (84–98)	100 (92–100)	86 (69–96)
1936 eller tidigare	80+	94 (88–98)	93 (83–98)	96 (86–99)
Alla åldrar	10–80+	93 (90–95)	95 (91–98)	90 (85–94)

Antikropps nivåer

För de 640 analyserade proverna var mediantitern av polio typ 1-neutraliserande antikroppar > 45. Den yngsta och de två äldsta födelsekohorterna (födda 1997–2006 respektive 1951 eller tidigare) hade en mediantiter > 45 medan övriga födelsekohorter hade mediantiter 32. Medianvärdena var således väl över WHO:s gränsvärden för immunitet (NT > 8). Se tabell 31.

Antikropps nivåer per kön

För både kvinnor och män var mediantitern av polio typ 1-neutraliserande antikroppar > 45. I de olika födelsekohorterna sågs inga eller små skillnader mellan könen. Se tabell 31.

Tabell 31. Polio typ 1-specifika neutraliserande antikropps nivåer (NT) med interkvartilavstånd per födelsekohort och kön, 2016.

Födelsekohort	Ålder	Antikropps nivå i kohorten (NT)	Antikropps nivå kvinnor (NT)	Antikropps nivå män (NT)
2002–2006	10–14	> 45 (38 – > 45)	> 45 (33 – > 45)	> 45 (40 – > 45)
1997–2001	15–19	> 45 (23 – > 45)	> 45 (27 – > 45)	> 45 (18 – > 45)
1982–1996	20–34	32 (15 – > 45)	34 (16 – > 45)	32 (11 – > 45)
1967–1981	35–49	32 (11 – > 45)	23 (13 – > 45)	38 (11 – > 45)
1952–1966	50–64	32 (11 – > 45)	27 (16 – > 45)	32 (11 – 43)
1937–1951	65–79	> 45 (32 – > 45)	> 45 (32 – > 45)	> 45 (27 – > 45)
1936 eller tidigare	80+	> 45 (31 – > 45)	> 45 (25 – > 45)	> 45 (34 – > 45)
Alla åldrar	10–80+	> 45 (19 – > 45)	> 45 (20 – > 45)	> 45 (16 – > 45)

Jämförelse med den Seroepidemiologiska undersökningen 2007

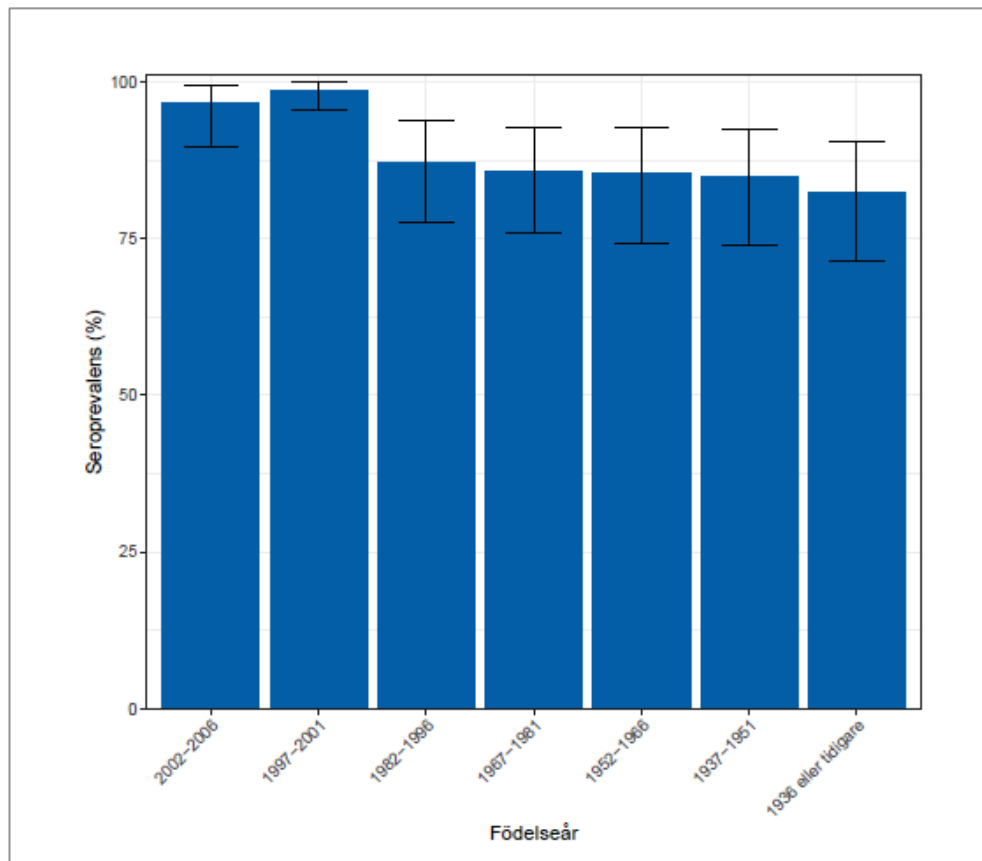
Seroprevalensen för polio typ 1 skiljde sig inte signifikant mellan 2007 och 2016 års undersökningar.

Polio typ 3

Seroprevalens

Den övergripande seroprevalensen för polio typ 3 var 87 procent. De två yngsta födelsekohorterna, födda 2002–2006 respektive 1997–2001, hade en seroprevalens på 97 respektive 99 procent. Övriga födelsekohorter hade en seroprevalens mellan 82 och 87 procent, se figur 15 och tabell 32.

Figur 15. Seroprevalens för polio typ 3 med 95 % konfidensintervall per födelsekohort, 2016.



Seroprevalens per kön

För polio typ 3 sågs ingen signifikant skillnad i seroprevalens mellan könen. Bland kvinnor var prevalensen 88 procent och bland män 86 procent. Inga observerade skillnader mellan könen i de enskilda födelsekohorterna var statistiskt signifikanta, se tabell 32.

Tabell 32. Seroprevalens för polio typ 3 med 95 % konfidensintervall per födelsekohort och kön, 2016.

Födelsekohort	Ålder	Seroprevalens i kohorten	Seroprevalens kvinnor	Seroprevalens män
2002–2006	10–14	97 (90–100)	96 (81–100)	97 (89–100)
1997–2001	15–19	99 (95–100)	98 (92–100)	99 (94–100)
1982–1996	20–34	87 (78–94)	84 (67–94)	90 (78–97)
1967–1981	35–49	86 (76–93)	89 (76–97)	83 (66–93)
1952–1966	50–64	85 (74–93)	87 (70–96)	84 (67–94)
1937–1951	65–79	85 (74–92)	88 (72–97)	81 (64–93)
1936 eller tidigare	80+	82 (72–90)	82 (67–92)	83 (64–94)
Alla födelseår	10–80+	87 (83–90)	88 (82–92)	86 (81–91)

Antikropps nivåer

För de 640 analyserade proverna var mediantitern av de polio typ 3-neutraliserande antikropparna > 45. Samtliga födelsekohorter hade mediantitrar > 8 vilket är WHO:s gränsvärde för immunitet, se tabell 33.

Antikropps nivåer per kön

För både kvinnor och män var mediantitern av polio typ 3-neutraliserande antikroppar > 45. Mindre skillnader sågs mellan könen i de olika födelsekohorterna, se tabell 33.

Tabell 33. Polio typ 3-specifika neutraliserande antikropps nivåer (NT) med interkvartilavstånd per födelsekohort och kön, 2016.

Födelsekohort	Ålder	Antikropps nivå i kohorten (NT)	Antikropps nivå kvinnor (NT)	Antikropps nivå män (NT)
2002–2006	10–14	> 45 (43 – > 45)	> 45 (> 45 – > 45)	> 45 (40 – > 45)
1997–2001	15–19	> 45 (31 – > 45)	> 45 (36 – > 45)	> 45 (30 – > 45)
1982–1996	20–34	23 (10 – > 45)	30 (10 – > 45)	19 (10 – > 45)
1967–1981	35–49	23 (8 – > 45)	23 (11 – > 45)	23 (6 – > 45)
1952–1966	50–64	32 (8 – > 45)	32 (8 – > 45)	23 (8 – > 45)
1937–1951	65–79	> 45 (20 – > 45)	> 45 (23 – > 45)	> 45 (19 – > 45)
1936 eller tidigare	80+	> 45 (7 – > 45)	> 45 (6 – > 45)	> 45 (11 – > 45)
Alla åldrar	10–80+	> 45 (13 – > 45)	> 45 (13 – > 45)	> 45 (11 – > 45)

Jämförelse med den Seroepidemiologiska undersökningen 2007

Ingen större skillnad sågs i seroprevalensen för polio typ 3 mellan undersökningen 2007 och 2016.

Slutsatser om immunitetsläget mot polio typ 1 och 3

Undersökningen visar att immuniteten i befolkningen mot både polio typ 1 och 3 var god. Överlag låg seroprevalensen runt 90 procent för båda typerna, med en något högre seroprevalens för typ 1. En neutraliserande titer över 8 anses vara skyddande mot polio typ 1 och 3 (26, 27). Samtliga födelsekohorter och personer av båda kön hade mediannivåer mot båda typer långt över denna nivå.

Även i tidigare undersökningar sågs en lägre immunitet mot poliovirus av typ 3, jämfört med andra typer (1). I denna undersökning sågs avtagande seroprevalens för typ 3 med stigande ålder. Dock speglades inte detta i antikropps nivåerna där de äldsta födelsekohorterna hade högre mediantitrar än de yngre vuxna kohorterna. För typ 1 sågs ingen avtagande seroprevalens med stigande ålder, men liksom för typ 3 sågs högre mediantitrar hos de äldsta födelsekohorterna. Tidigare studier har visat att äldre seropositiva generellt har högre antikropps nivåer än yngre seropositiva (1), vilket också observerades till viss grad i denna undersökning.

I tidigare undersökningar inkluderades även polio typ 2 i analysen. Polio typ 2 är utrotad sedan 1999 och omfattas av globala regler för inneslutning för att förhindra dess spridning. Därför inkluderades inte den typen i denna undersökning.

Immuniteten mot polio typ 1 och 3 i befolkningen är god men måste fortsatt övervakas eftersom det fortfarande förekommer utbrott av polio globalt.

Allmänna slutsatser

Seroepidemiologiska undersökningar är en viktig del av uppföljningen av vaccinationsprogram och kompletterar statistik över sjukdomsförekomst och vaccinationstäckning liksom resultatet från mikrobiologisk övervakning. Genom regelbundna undersökningar kan Folkhälsomyndigheten följa befolkningens immunitet och säkerställa att vaccinationsprogram och rekommendationer om vaccination bidrar till bästa möjliga skydd för befolkningen.

Denna undersökning visade att immuniteten mot mässling, påssjuka, röda hund, difteri, stelkramp och polio typ 1 och 3 överlag var god i de inkluderade födelsekohorterna. Kikhostespecifika antikroppar detekterades i alla födelsekohorter men avsaknaden av referensvärden för kikhosta försvårar bedömningen av skyddet i befolkningen. Individer med höga antikropps nivåer (> 50 IU/ml) sågs i alla åldrar vilket visar på att bakterien fortsatt cirkulerar i befolkningen.

Lägre immunitet konstaterades mot vissa sjukdomar i vissa grupper:

- Immuniteten mot difteri, och till viss del även stelkramp, var lägre i äldre åldersgrupper (födda 1951 och tidigare), och framför allt bland kvinnor.
- Personer födda 1982–1996 hade lägre immunitet mot mässling än andra åldersgrupper, även om resultaten är förenat med viss osäkerhet på grund av få undersökta personer.

Dessa fynd motiverar åtgärder för att bättre nå ut med befintliga rekommendationer om grundvaccination och påfyllnadsdoser mot de undersökta sjukdomarna, till regioner, hälso- och sjukvårdspersonal och allmänhet. Rekommendationerna omfattar bland annat följande:

- Att alla har ett skydd mot difteri och stelkramp respektive påssjuka och röda hund.
- Regelbundna påfyllnadsdoser mot difteri och stelkramp vart 20:e år.
- Att alla har ett skydd mot mässling och polio, och särskilt ser över behovet av vaccination mot dessa sjukdomar inför utlandsresor.

Det är viktigt att komma ihåg att majoriteten av de seroimmunologiska metoderna i denna undersökning endast mäter förekomsten av sjukdomsspecifika IgG-antikroppar och inte funktionen hos antikropparna (polio undantaget). Vi har inte heller beaktat det cellmedierade immunförsvaret, som för vissa sjukdomar (till exempel mässling) spelar en stor roll för immuniteten. Skyddet mot sjukdomarna kan därför vara mer komplext än vad som avspeglar sig i de serologiska resultaten.

För undersökningen användes en metod där vi samlade in anonymiserade överskottsprover från öppenvården. Metoden har framgångsrikt använts för andra seroprevalensundersökningar på Folkhälsomyndigheten (4) och möjliggjorde en snabb och kostnadseffektiv insamling av prover. Rätt antal prover kunde samlas in

per åldersgrupp utan bortfall, vilket minskade risken för snedvridning av resultaten och gav ett bra underlag för analyser av immuniteten i befolkningen. Nackdelen med insamlingsmetoden är att vi inte fick någon ytterligare information om individerna förutom kön och ålder. Vi vet till exempel inte om individerna har haft sjukdomarna eller vaccinerats, och när de i så fall fick sin senaste dos eller om de följt ett annat vaccinationsschema än det svenska. Vår tolkning av resultaten utgår därför från det svenska barnvaccinationsprogrammet och att de provtagna individerna erbjudits samtliga vaccinationer som varit aktuella för dem, vid de schemalagda tidpunkterna. Nivåerna av antikroppar kan indikera om individerna sannolikt haft sjukdomen eller vaccinerats. Det är däremot svårare att avgöra om avsaknaden av antikroppar beror på att personen varken haft sjukdomen eller vaccinerats eller på att antikropps nivåerna minskat sedan dess. Men då befolkningen består av en blandning av individer med olika bakgrund när det gäller vaccinationsstatus, så bedöms urvalet och resultaten i denna undersökning vara representativa för befolkningen.

Insamlingen av prover genomfördes 2016, men på grund av byte av laboriemetoder kunde de serologiska analyserna inte starta direkt. År 2020 startade covid-19-pandemin, vilket krävde prioriteringar vad gäller både laboriekapacitet och statistiskt stöd under en lång period, vilket ytterligare försenade undersökningen. Även för de föregående två undersökningarna var tiden mellan insamling och rapportering lång (5–7 år), på grund av undersökningarnas komplexitet. Mängden analyser, både laborieanalyser och statistiska analyser, gör denna typ av undersökning tidskrävande.

För framtida seroepidemiologiska undersökningar är det sannolikt mer ändamålsenligt att genomföra mindre omfattande och mer riktade undersökningar av immuniteten mot en eller ett fåtal sjukdomar åt gången. Därigenom kan analyserna slutföras på kortare tid, och resultaten snabbare bli tillgängliga som underlag för åtgärder vid behov. Baserat på fynden i denna undersökning kan det finnas behov av att

- undersöka hur antikropps nivåerna mot mässling utvecklas över tid i vaccinerade åldersgrupper
- följa immuniteten mot kikhosta som fortsatt har endemisk spridning i Sverige och där antalet fall ökade stort under 2024
- följa immuniteten mot difteri och stelkramp i framför allt den äldre delen av befolkningen.

Referenser

1. Hallander H, Andersson M, Advani R, Brytting M, Lepp T, Ljungman M, et al. Vaccinationsuppföljning - Seroepidemiologisk tvärsnittsstudie 2007. Smittskyddsinstitutet; 2012. Contract No.: 2012-15-8.
2. Olin P, Carlson R, Johansen K, Hallander H, Ljungman M, Svensson Å. Vaccinationsuppföljning Seroepidemiologisk tvärsnittsstudie 1997, Slutrapport. Smittskyddsinstitutet; 2004.
3. Böttiger M, Gustavsson O, Svensson A. Immunity to tetanus, diphtheria and poliomyelitis in the adult population of Sweden in 1991. *Int J Epidemiol.* 1998;27(5):916-25.
4. Mörner A, Bråve A, Kling AM, Kühlmann-Berenzon S, Krook K, Hedenskog M, et al. Pandemic influenza A(H1N1)pdm09 seroprevalence in Sweden before and after the pandemic and the vaccination campaign in 2009. *PLoS One.* 2012;7(12):e53511.
5. Korn EL GB. Confidence intervals for proportions with small expected number of positive counts estimated from survey data. *Survey Methodology.* 1998;23:193-201.
6. Rogan WJ, Gladen B. Estimating prevalence from the results of a screening test. *Am J Epidemiol.* 1978;107(1):71-6.
7. Schenk J, Abrams S, Theeten H, Van Damme P, Beutels P, Hens N. Immunogenicity and persistence of trivalent measles, mumps, and rubella vaccines: a systematic review and meta-analysis. *Lancet Infect Dis.* 2021;21(2):286-95.
8. Orenstein W. Plotkin's Vaccines - Electronic. 8th ed: Elsevier eBooks+; 2023.
9. WHO. 4th Meeting of the European Region Verification Commission for Measles and Rubella Elimination (RVS). WHO Regional Office for Europe 2016.
10. WHO. Eliminating measles and rubella in the WHO European Region. 2024.
11. WHO. Measles vaccines: WHO position paper – April 2017. *Wkly Epidemiol Rec.* 2017;92(17):205-27.
12. Folkhälsomyndigheten. Rekommendationer om vaccination mot mässling, påssjuka och röda hund (MPR) 2024 [Available from: <https://www.folkhalsomyndigheten.se/smittskydd-beredskap/vaccinationer/rekommendationer-for-vaccination/rekommendationer-om-vaccination-mot-massling-passjuka-och-roda-hund-mpr/>].
13. Guiso N, Berbers G, Fry NK, He Q, Riffelmann M, Wirsing von König CH. What to do and what not to do in serological diagnosis of pertussis: recommendations from EU reference laboratories. *Eur J Clin Microbiol Infect Dis.* 2011;30(3):307-12.
14. Hallander HO, Ljungman M, Storsaeter J, Gustafsson L. Kinetics and sensitivity of ELISA IgG pertussis antitoxin after infection and vaccination with *Bordetella pertussis* in young children. *Apmis.* 2009;117(11):797-807.
15. Heininger U, Cherry JD, Stehr K. Serologic response and antibody-titer decay in adults with pertussis. *Clin Infect Dis.* 2004;38(4):591-4.
16. Vusirikala A, Tonge S, Bell A, Linley E, Borrow R, O'Boyle S, et al. Reassurance of population immunity to diphtheria in England: Results from a 2021 national serosurvey. *Vaccine.* 2023;41(46):6878-83.
17. Björkholm B, Böttiger M, Christenson B, Hagberg L. Antitoxin antibody levels and the outcome of illness during an outbreak of diphtheria among alcoholics. *Scand J Infect Dis.* 1986;18(3):235-9.
18. Ohuabunwo C, Perevoscikovs J, Griskevica A, Gargiullo P, Brilla A, Viksna L, et al. Respiratory diphtheria among highly vaccinated military trainees in Latvia: improved protection from DT compared with Td booster vaccination. *Scand J Infect Dis.* 2005;37(11-12):813-20.

19. Völzke H, Kloker KM, Kramer A, Guertler L, Dören M, Baumeister SE, et al. Susceptibility to diphtheria in adults: prevalence and relationship to gender and social variables. *Clin Microbiol Infect.* 2006;12(10):961-7.
20. Hasselhorn HM, Nübling M, Tiller FW, Hofmann F. Factors influencing immunity against diphtheria in adults. *Vaccine.* 1998;16(1):70-5.
21. Socialstyrelsen. Rekommendationer för profylax till vuxna mot difteri och stelkramp 2009 [Available from: <https://www.folkhalsomyndigheten.se/publikationer-och-material/publikationsarkiv/r/rekommendationer-for-profylax-till-vuxna-mot-difteri-och-stelkramp/>].
22. Le T, Cherry JD, Chang SJ, Knoll MD, Lee ML, Barenkamp S, et al. Immune responses and antibody decay after immunization of adolescents and adults with an acellular pertussis vaccine: the APERT Study. *J Infect Dis.* 2004;190(3):535-44.
23. Hallander HO, Andersson M, Gustafsson L, Ljungman M, Netterlid E. Seroprevalence of pertussis antitoxin (anti-PT) in Sweden before and 10 years after the introduction of a universal childhood pertussis vaccination program. *Apmis.* 2009;117(12):912-22.
24. Hallander HO, Nilsson L, Gustafsson L. Is adolescent pertussis vaccination preferable to natural booster infections? *Expert Rev Clin Pharmacol.* 2011;4(6):705-11.
25. von Linstow ML, Yde Nielsen A, Kirkby N, Eltvéd A, Nordmann Winther T, Bybeck Nielsen A, et al. Immunity to vaccine-preventable diseases among paediatric healthcare workers in Denmark, 2019. *Euro Surveill.* 2021;26(17).
26. WHO. Recommendations to assure the quality, safety and efficacy of poliomyelitis vaccines (inactivated). Amendment to Annex 3 of WHO Technical Report Series, No. 993.
27. Nathanson N. David Bodian's contribution to the development of poliovirus vaccine. *Am J Epidemiol.* 2005;161(3):207-12.

Folkhälsomyndigheten är en nationell kunskapsmyndighet som arbetar för en bättre folkhälsa, Det gör myndigheten genom att utveckla och stödja samhällets arbete med att främja hälsa, förebygga ohälsa och skydda mot hälsohot, Vår vision är en folkhälsa som stärker samhällets utveckling



Folkhälsomyndigheten

Solna Nobels väg 18, 171 82 Solna. **Östersund** Campusvägen 20. Box 505, 831 26 Östersund.

www.folkhalsomyndigheten.se