

Internets domännamssystem*

Föreläsning FL07, VT 2024

Mats Dufberg

* Se "[Internets domännamssystem](#)"

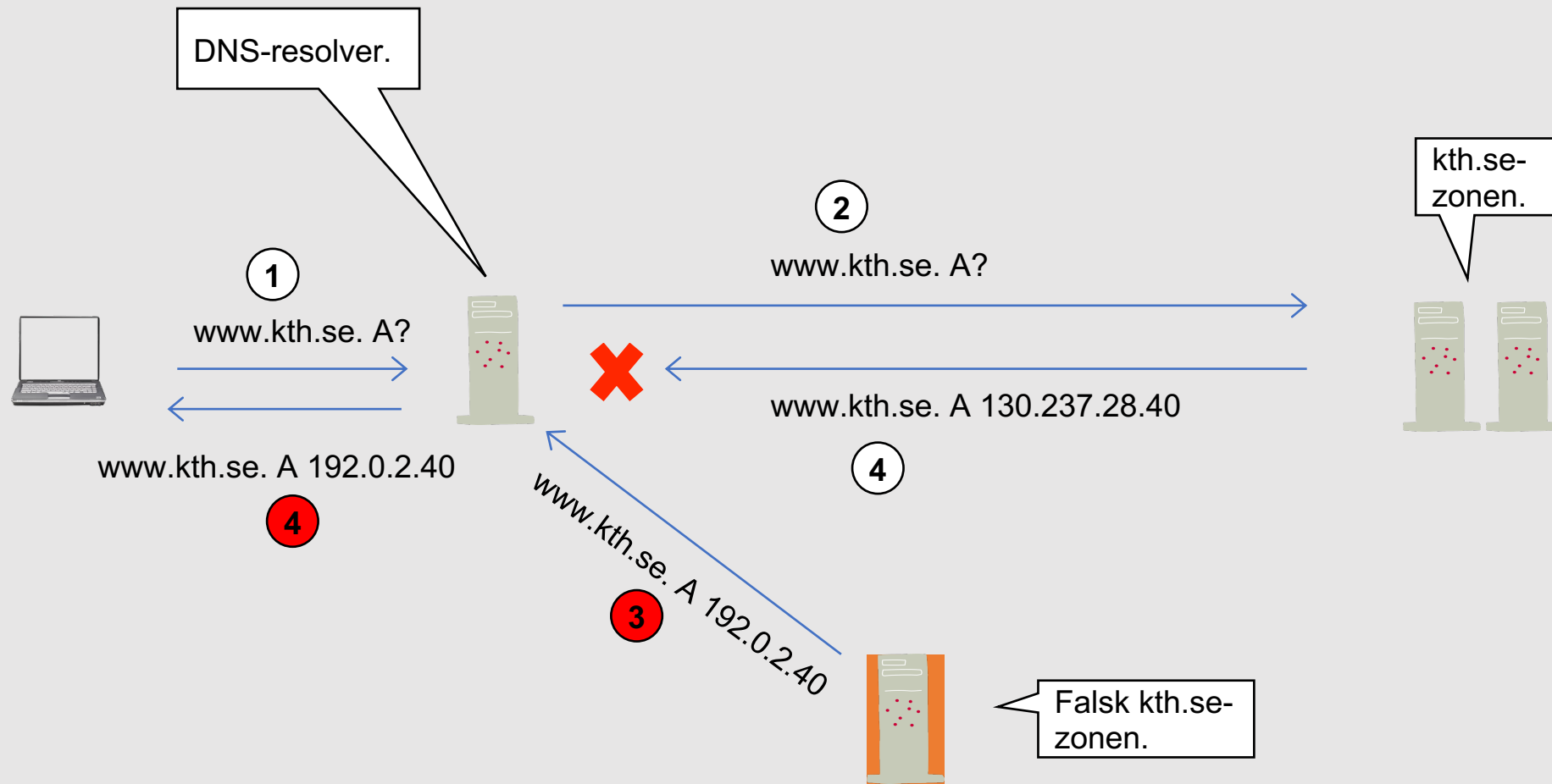
Innehåll

- [▶ Vad DNSSEC skyddar mot](#)
- [▶ Krypto](#)
- [▶ Hash eller checksumma](#)
- [▶ Signaturer](#)
- [▶ "dig" med +dnssec](#)
- [▶ Verktyg för DNSSEC](#)
- [▶ Posttyper för DNSSEC](#)
- [▶ DNSKEY](#)
- [▶ RRSIG](#)
- [▶ NSEC](#)
- [▶ Domännamn utan data](#)
- [▶ NSEC och empty non-terminals](#)
- [▶ CNAME, RRSIG och NSEC](#)
- [▶ Validering](#)
- [▶ Om presentationen](#)

▶ Vad DNSSEC skyddar mot

[\[Till Innehåll\]](#)

Uppslagning med "man-in-the-middle"



Verifiering av innehåll

Traditionell DNS skickas utan kontroll och kan – som visats – förfalskas eller förvanskas på olika sätt.

- Det finns sedan 2005 en utökning av DNS-standarderna som kallas DNSSEC.
- DNSSEC ska säkerställa att innehållet inte har förvanskats av någon.
- DNSSEC – DNS Security Extensions

Vad DNSSEC skyddar mot

- Med DNSSEC så går det att upptäcka ifall DNS-posterna har modifierats, med eller utan avsikter.
- DNSSEC ger mekanismer för att vi ska kunna verifiera att DNS-posterna vi får är samma som i den auktoritativa zonen.
- DNS-posterna kan mellanlagras på resolverar (cachas) och kan därefter verifieras.

DNSSEC och "vanlig" DNS

- DNSSEC är bakåtkompatibelt med "vanlig" DNS.

Om frågan ("query") inte signalerar stöd för DNSSEC så kommer svaret ("response") inte innehålla några DNSSEC-komponenter.

Vad DNSSEC inte skyddar mot

- DNSSEC krypterar inte datat. Allt går fortfarande i klartext.
- DNSSEC skyddar heller inte mot förvanskning som görs före eller på det system som signerar datat enligt DNSSEC.
 - Slavzonen är normalt färdigsignerad och är därmed skyddad mot förvanskning.
- DNSSEC skyddar heller inte de som inte utnyttjar skyddet som DNSSEC ger.
 - Man måste verifiera DNS-datat för att skyddas.

► Krypto

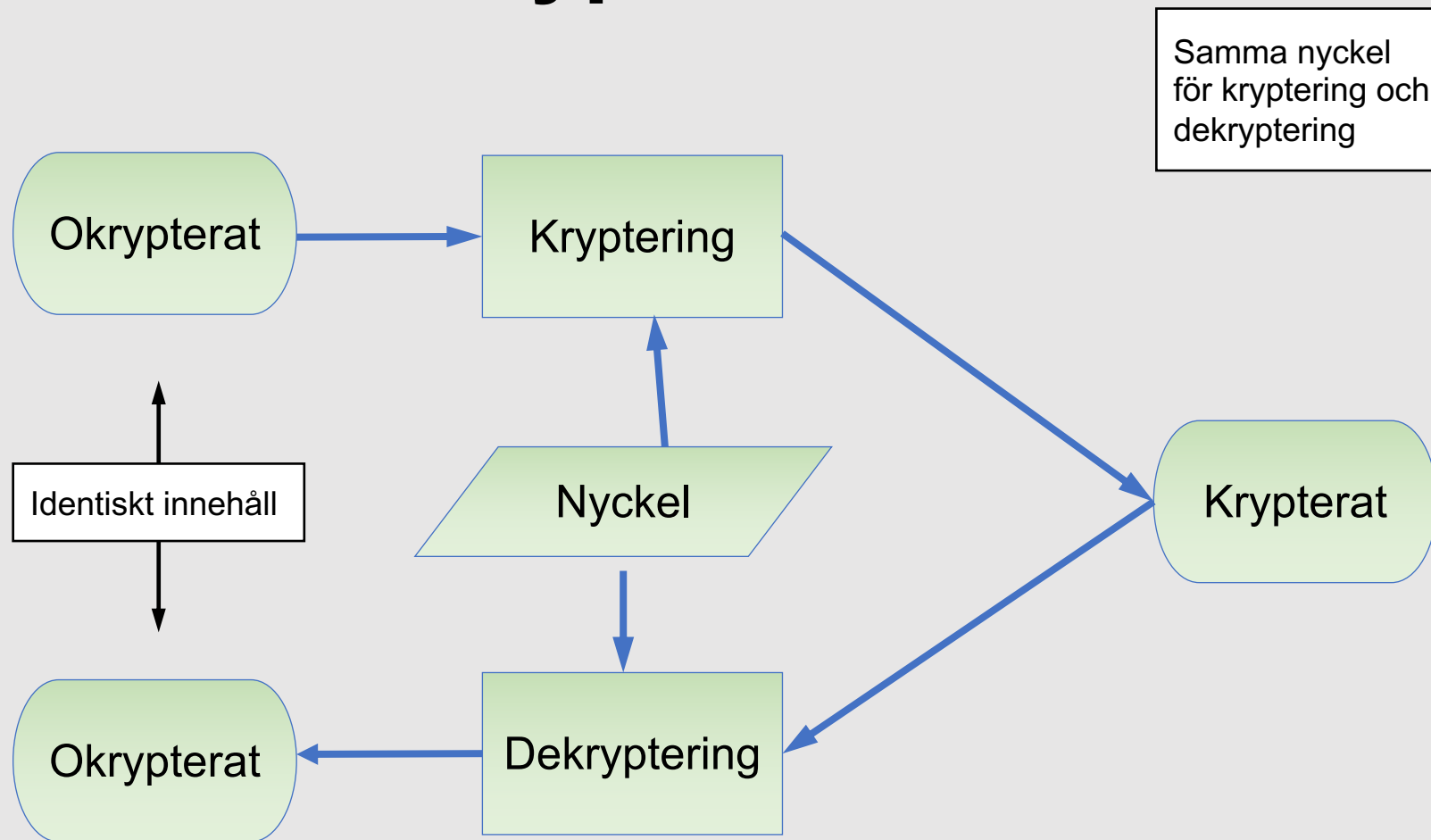
[\[Till Innehåll\]](#)

Krypto

Det finns två typer av krypton:

- Symmetriska krypton
- Asymmetriska krypton

Symmetriskt krypto

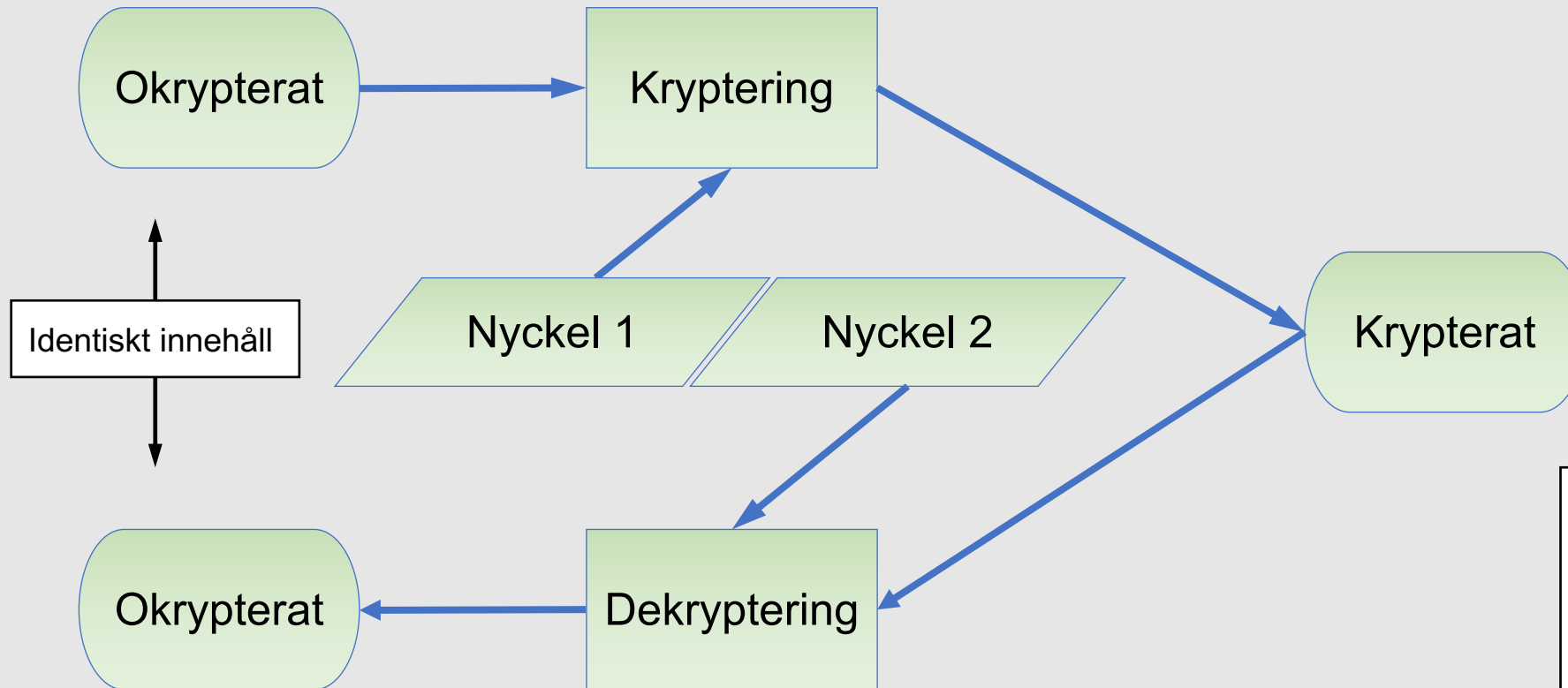


Symmetriskt krypto

Samma nyckel används för kryptering och dekryptering.

- Avsändare och mottagare måste ha tillgång till samma nyckel.
- Komplext när många är inblandade.
- Symmetriska krypton är snabba, effektiva och är säkra med små nycklar (jämfört med asymmetriska krypton).

Asymmetriskt krypto



De två nycklarna utgör ett nyckelpar där delarna hör ihop. jfr med SSH-nycklar.

I denna figur så krypterar vi med nyckel 1 och dekrypterar med nyckel 2, men vi kan vända på det och kryptera med nyckel 2, och då måste vi använda nyckel 1 för dekryptering.

Asymmetriskt krypto

Ett nyckelpar används för kryptering och dekryptering.

- Om den ena nyckeln i paret används för kryptering så används den andra för dekryptering. Och omvänt.
- Den ena nyckeln hålls hemlig, den andra görs ofta publik eller sprids till flera. T.ex. den publika SSH-nyckeln kan spridas till många.
- Fungerar väl när många är inblandade.
- Asymmetriska krypton är långsammare, mera resurskrävande och kräver längre (större) nycklar.

Kombinerat

I vissa tillämpningar så kombineras symmetriska och asymmetriska nycklar, t.ex. SSL/TLS.

- De asymmetriska nycklarna används initialt och i flera sessioner.
- De symmetriska nycklarna skapas per session och delas mellan deltagarna med hjälp av de asymmetriska nycklarna.
- De symmetriska nycklarna snabbar upp operationerna.

Krypto i DNS

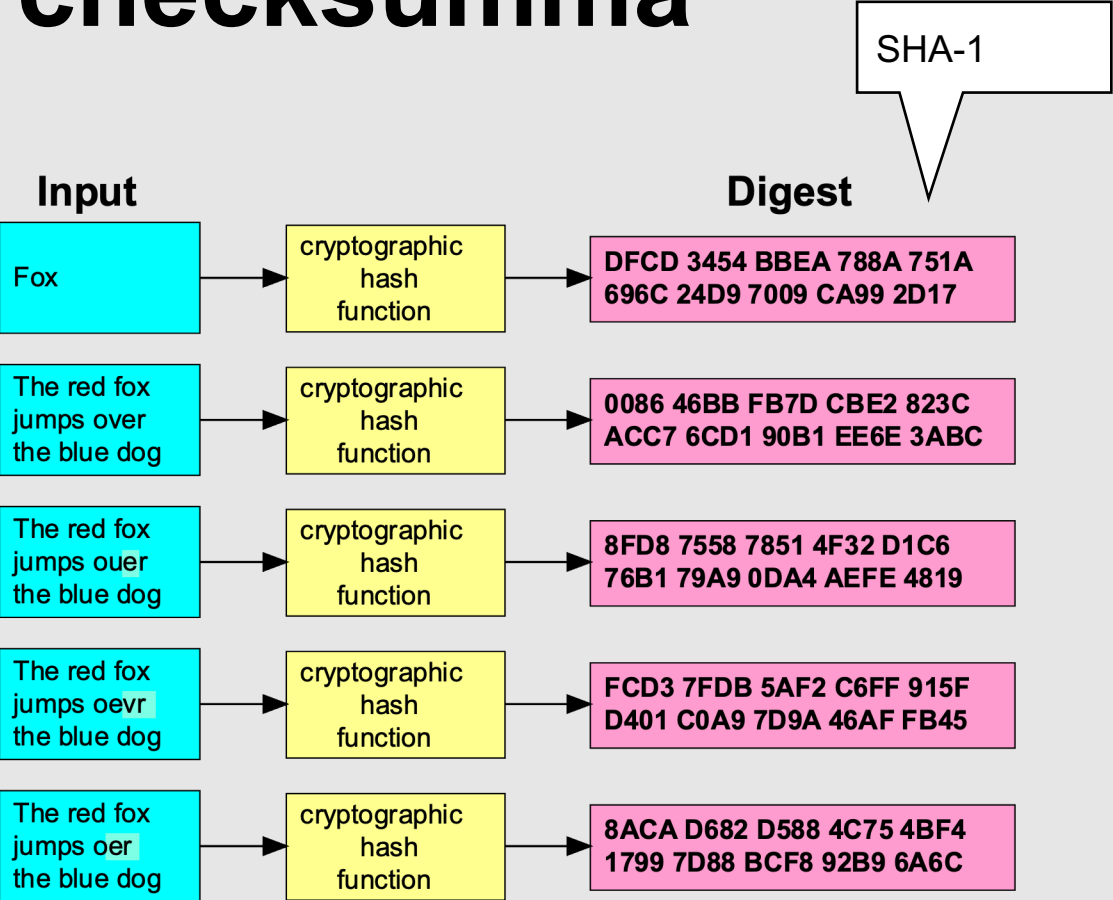
TSIG bygger på symmetriskt krypto. Samma nyckel används av klient och server.

DNSSEC bygger på asymmetriskt krypto.

► Hash eller checksumma

[\[Till Innehåll\]](#)

Hash eller checksumma



Liten ändring i text ger stor skillnad i hash.

Det finns andra typer av checksummor där liten ändring ger liten skillnad, men de används inte i DNSSEC.

”Summering” av data till en fast storlek.

Hash eller checksumma

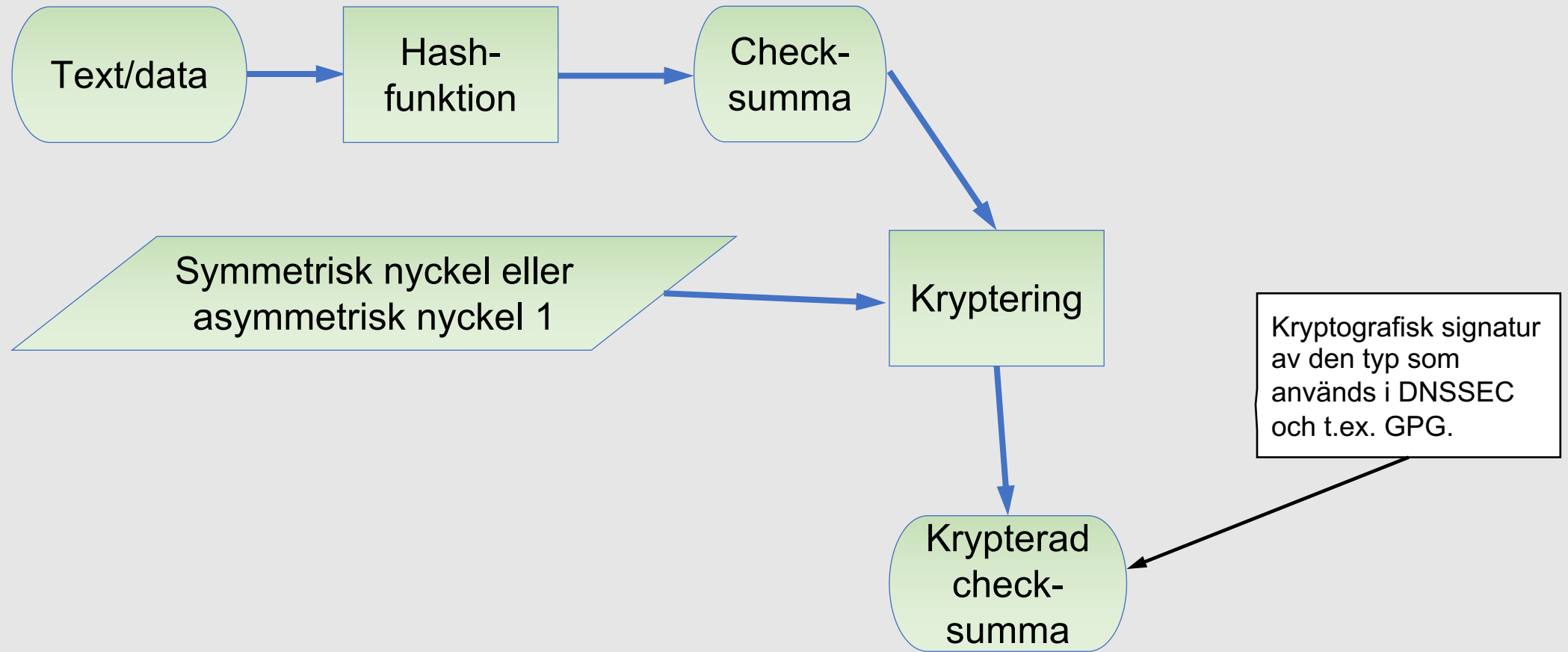
En checksumma går inte att vända, d.v.s. man kan inte återställa datat från checksumman.

- Om man har checksumman så kan man verifiera om datat har ändrats eller inte.
 - Men inte hur mycket det har ändrats.
- Checksumman kan kombineras med kryptering.

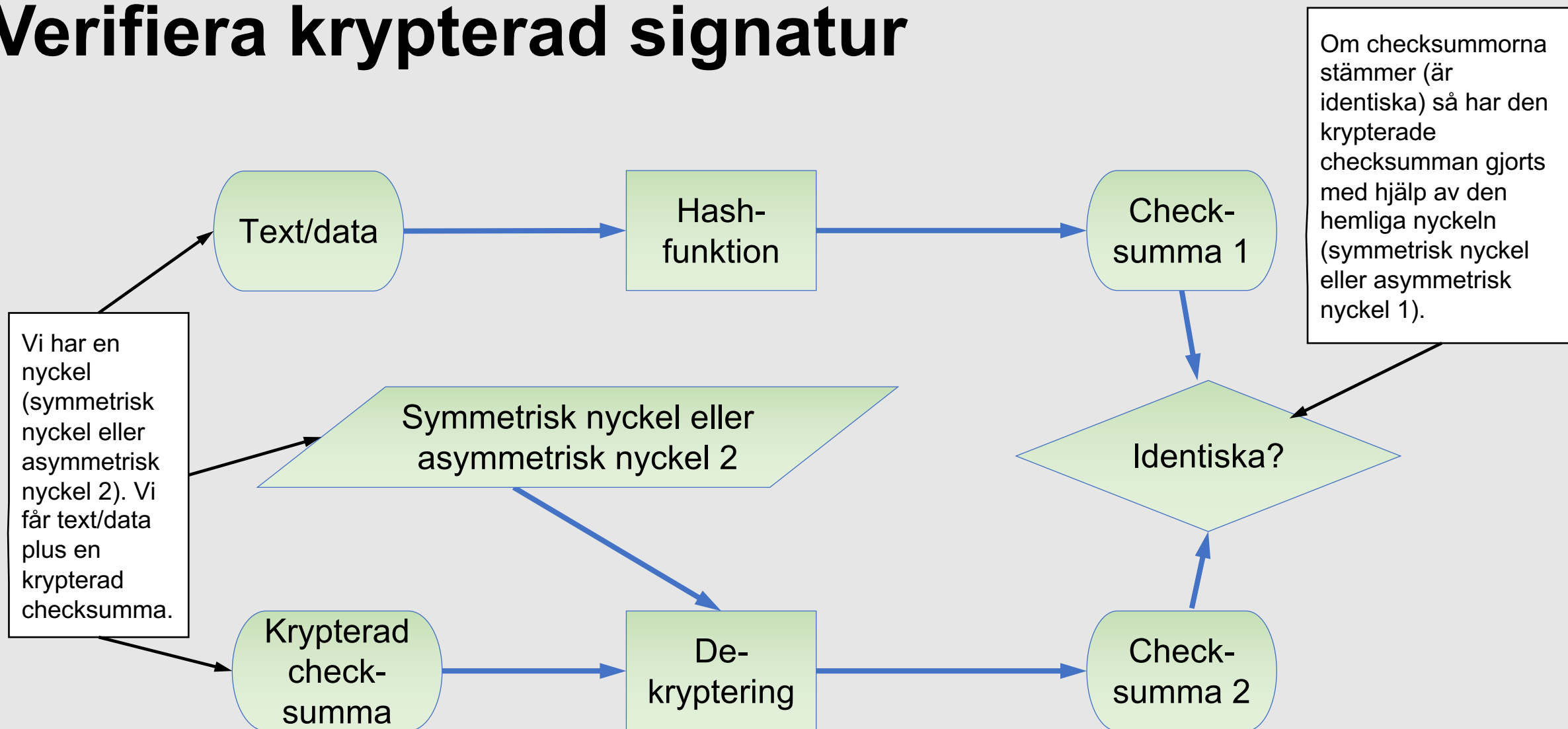
► Signaturer

[\[Till Innehåll\]](#)

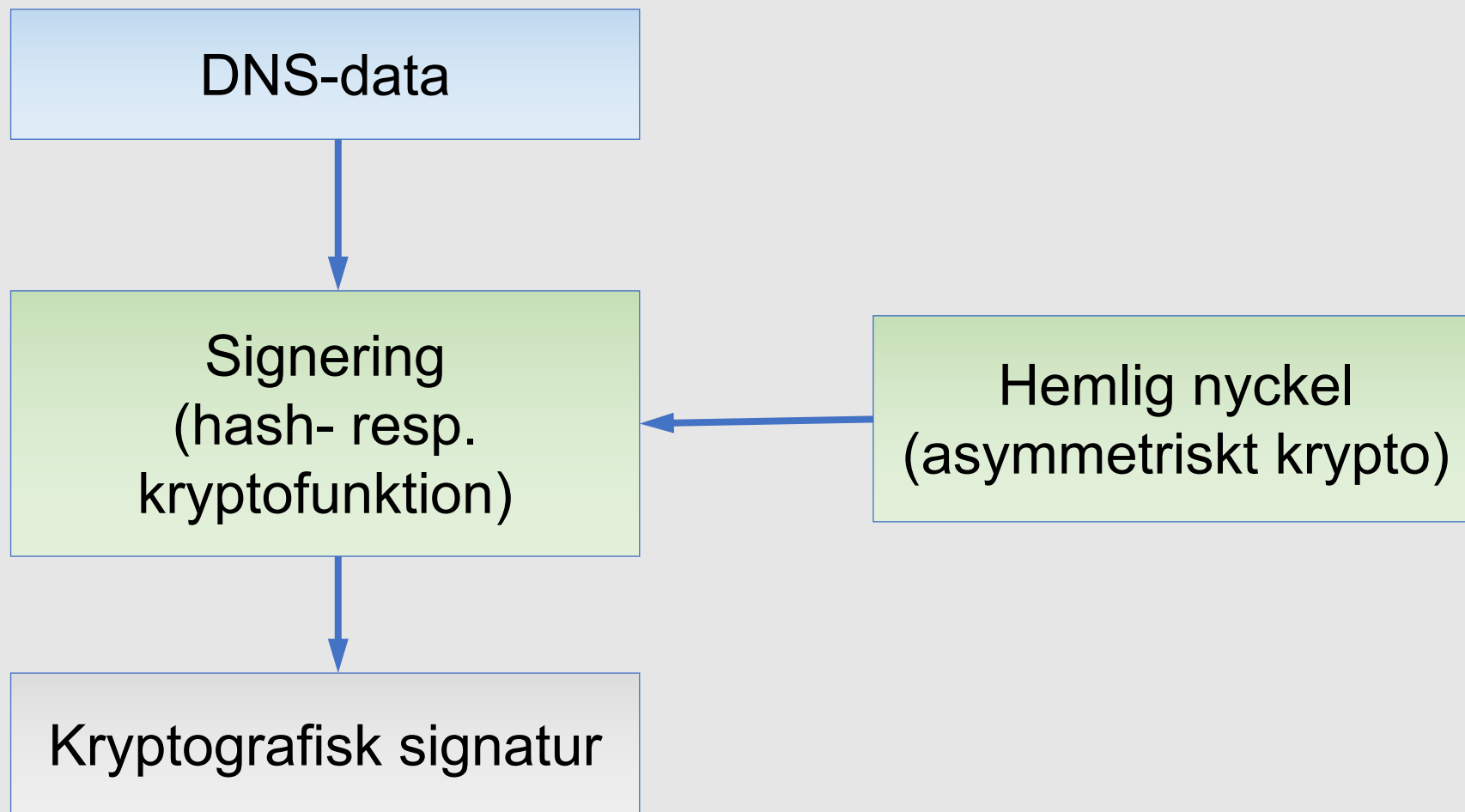
Skapa krypterad signatur



Verifiera krypterad signatur



DNSSEC-signerad zon



DNSSEC-signerad zon

De kryptografiska signaturerna lagras i zonen för att vara tillgängliga via DNS-uppslagningar.

Om klienten signalerade stöd för DNSSEC så följer signaturerna med, annars inte.

▶ "dig" med +dnssec

[\[Till Innehåll\]](#)

```
; <<>> DiG 9.10.6 <<>> www.kth.se a +dnssec +mult
;; global options: +cmd
;; Got answer:
;; ->>HEADER<<- opcode: QUERY, status: NOERROR, id: 12890
;; flags: qr rd ra ad; QUERY: 1, ANSWER: 2, AUTHORITY: 0, ADDITIONAL: 1
```

Säger åt "dig" att fråga efter DNSSEC-poster och DNSSEC-validering.

```
;; OPT PSEUDOSECTION:
; EDNS: version: 0, flags: do; udp: 1280
;; QUESTION SECTION:
;www.kth.se. IN A
```

2 poster i svarssektionen:

- Den efterfrågade dataposten
- En DNSSEC-signatur

```
;; ANSWER SECTION:
www.kth.se. 600 IN A 130.237.28.40
www.kth.se. 600 IN RRSIG A 8 3 600 (
20220222004834 20220122235846 35811 kth.se.
u45znydGc2H8lChbockeANSmIpLQRR35YT+fFoZA867C
1sTc52BJdLbYTDDe8N76407aE60cUzHP28D/iLRB3pAgY
fVESSUdURrG8b3rFeKwuLCiRtb0tu2OCmVtZ8SokJnxs
2PuzEx3jD6rTn8n1cVCSf990Q/Lpip1Jfs6YkyCiSFsD
8I/9ZWEyIo0mgVwOSE7ZDs1YRCbd4Bg36h0rU6Iluly4
BlslG9hdDTPvOiuJsFGf9wDS1hzGZW+oxNBZU6SNrhNF
uvDMAEO6FDkd3GuXAJ5LnPmKiYrIO72qMrpXQEtddQH0
fFB17qXdI0Ktb19yhHuz9L7k0ecNB/6lRQ== )
```

Klienten skickade DO-flaggan och frågade efter DNSSEC-poster och DNSSEC-validering. Servern stödjer DNSSEC

(...)

DO-flaggan finns i svaret om

1. om den fanns i frågan och
2. om servern stödjer DNSSEC.

```
; <<>> DiG 9.10.6 <<>> www.telia.se a +dnssec +mult
;; global options: +cmd
;; Got answer:
;; ->>HEADER<<- opcode: QUERY, status: NOERROR, id: 21136
;; flags: qr rd ra; QUERY: 1, ANSWER: 1, AUTHORITY: 0, ADDITIONAL: 1
```

Säger åt "dig" att fråga efter DNSSEC-poster.

```
;; OPT PSEUDOSECTION:
; EDNS: version: 0, flags: do; udp: 1280
;; QUESTION SECTION:
;www.telia.se.      IN A
```

1 post i svarssektionen:
• Den efterfrågade dataposten

Zonen är inte DNSSEC-signerad.

```
;; ANSWER SECTION:
www.telia.se.      3600 IN  A 81.236.63.162
```

(...)

Fråga efter DNSSEC-poster.

När zonen inte är signerad så blir svaret som vanligt även om vi frågar efter DNSSEC.

```
; <<>> DiG 9.11.3-1ubuntu1.11-Ubuntu <<>> @localhost www.dnssec-failed.org a +mult +dnssec
; (1 server found)
;; global options: +cmd
;; Got answer:
;; ->>HEADER<<- opcode: QUERY, status: NOERROR, id: 23977
;; flags: qr rd ra; QUERY: 1, ANSWER: 2, AUTHORITY: 5, ADDITIONAL: 11
```

```
;; OPT PSEUDOSECTION:
; EDNS: version: 0, flags:; udp: 4096
; COOKIE: 34e06dd504a02e2d585ac1aa5e3bf5e1e2d6b8d024e5a7f7 (good)
;; QUESTION SECTION:
;www.dnssec-failed.org.      IN A
```

```
;; ANSWER SECTION:
www.dnssec-failed.org.      7187 IN  A  68.87.109.242
www.dnssec-failed.org.      7187 IN  A  69.252.193.191
```

(...)

Säger åt "dig" att fråga efter
DNSSEC-poster.

Här ställs frågan till en DNS-resolver
som inte hanterar DNSSEC.

- Ingen DO-flagga satt i svaret
även om den var satt i frågan.
- Inga DNSSEC-poster.

```
; <<>> DiG 9.11.3-1ubuntu1.11-Ubuntu <<>> @localhost www.dnssec-failed.org a +mult +dnssec
; (1 server found)
;; global options: +cmd
;; Got answer:
;; ->>HEADER<<- opcode: QUERY, status: SERVFAIL, id: 40005
;; flags: qr rd ra; QUERY: 1, ANSWER: 0, AUTHORITY: 0, ADDITIONAL: 1

;; OPT PSEUDOSECTION:
; EDNS: version: 0, flags: do; udp: 4096
; COOKIE: a65cdb476166147249fdb4985e3c02096692aefdf2db7b02 (good)
;; QUESTION SECTION:
;www.dnssec-failed.org.      IN A

;; Query time: 4768 msec
;; SERVER: 127.0.0.1#53(127.0.0.1)
;; WHEN: Thu Feb 06 12:09:45 UTC 2020
;; MSG SIZE rcvd: 78
```

Säger åt "dig" att fråga efter DNSSEC-poster.

Här ställs frågan till en DNS-resolver som hanterar DNSSEC, och som dessutom validerar. Uppenbarligen något problem som upptäcks med DNSSEC.

En resolver som validerar enligt DNSSEC kommer att göra det oavsett om klienten (t.ex. "dig") signalerar stöd för DNSSEC eller inte.

► Verktyg för DNSSEC

[\[Till Innehåll\]](#)

Verktyg för att testa för DNSSEC-fel

Använd gärna ett verktyg för att testa efter fel i DNSSEC. Det skarpaste verktyget är **DNSViz** när det gäller DNSSEC-kontroll.

1. Gå till <https://dnsviz.net/>
2. Välj ett domännamn att testa, t.ex. `www.kth.se` och `www.dnssec-failed.org`. Domännamnet behöver inte motsvara en zon.

Zonemaster testar också DNSSEC (plus en massa annat).

1. Gå till <https://zonemaster.se/> eller kör `zonemaster-cli` på kommandoraden.
2. Välj en zon att testa, t.ex. `kth.se` och `dnssec-failed.org`. Det måste var en zon, inte vilket domännamn som helst.

► Posttyper för DNSSEC

[\[Till Innehåll\]](#)

Nya posttyper för DNSSEC

Följande posttyper har lagts till för hanteringen av DNSSEC:

- DNSKEY
- RRSIG
- NSEC
- DS
- CDS
- CDNSKEY
- NSEC3
- NSEC3PARAM

Nya posttyper för DNSSEC

DNSKEY, RRSIG, NSEC, NSEC3 och DS måste man veta vad de gör och hur de fungerar för att man ska kunna "läsa" ett DNS-svar med DNSSEC på rätt sätt.

CDS, CDNSKEY och NSEC3PARAM kommer visserligen inte i normala DNS-frågor, men man måste ändå veta vad de betyder.

Nya posttyper för DNSSEC

De nya posttyperna används bara för DNSSEC och har ingen betydelse utanför DNS och DNSSEC.

Nya posttyper för DNSSEC

DNSKEY, RRSIG och NSEC behandlas nedan.

DS, CDS, CDNSKEY, NSEC3 och NSEC3PARAM kommer att behandlas i kommande föreläsningar.

▶ DNSKEY

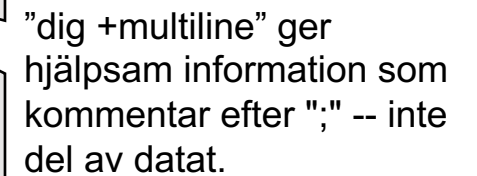
[\[Till Innehåll\]](#)

DNSKEY

Den publika nyckel för DNSSEC för en specifik zon (asymmetriskt krypto).

```
dnskurs.se.      600 IN DNSKEY 256 3 13 (  
9AyPqpD8TfxN4IW9f5fERot4W2RWf+QSvrIjYJrfN8DZ  
AF2DMNbYCyIo3KIXbKOhPBi65s9x76gaiksQuzU4sw==  
) ; ZSK; alg = ECDSAP256SHA256 ; key id = 23863
```

```
dnskurs.se.      600 IN DNSKEY 257 3 13 (  
oIy29iz9vH5eE+4KhZGXFf3FsLK93rkgeghCuUGDh4Dm  
TTO6XH/d/Z0x50vFw4ZBfvoXm+83Z8U+8DHnAtDGQw==  
) ; KSK; alg = ECDSAP256SHA256 ; key id = 42390
```



"dig +multiline" ger
hjälpfull information som
kommentar efter ";" -- inte
del av datat.

"Owner name"

Posttyp

RDATA

dnskurs.se.

DNSKEY

256

3

13

```
9AyPqpD8TfxN4I
W9f5fERot4W2R
Wf+QSvrljYJrfN8D
ZAF2DMNbYCylo
3KIXbKOhPBi65s9
x76gaiksQuzU4sw
==
```

"Owner name" är alltid samma som namnet på zonen. DNSKEY ligger alltid i apex för DNSSEC.

"FLAGS". 16 bitar (flaggor). För DNSSEC så är bit 7 alltid satt och bit 15 kan vara satt. Värde 256 eller 257.

"PROTOCOL". 8 bitar. Alltid värdet 3.

"Owner name"	Posttyp	RDATA
dnskurs.se.	DNSKEY	256
		3
		13
		9AyPqpD8TfxN4I W9f5fERot4W2R Wf+QSvrljYJrfN8D ZAF2DMNbYCylo 3KIXbKOhPBi65s9 x76gaiksQuzU4sw ==

"ALGORITHM". 8 bitar. 13 betyder ECDSAP256SHA256.

"PUBLIC KEY". Storleken beror på algoritm och nyckellängd. Presenteras som BASE64-kodat.

DNSSEC-algoritmer

Lista över DNSSEC-algoritmer:

- <https://www.iana.org/assignments/dns-sec-alg-numbers/dns-sec-alg-numbers.xhtml>

RFC 8624 specificerar vilka algoritmer som bör användas och vilka som inte bör användas:

- <https://www.rfc-editor.org/rfc/rfc8624.html#section-3.1>

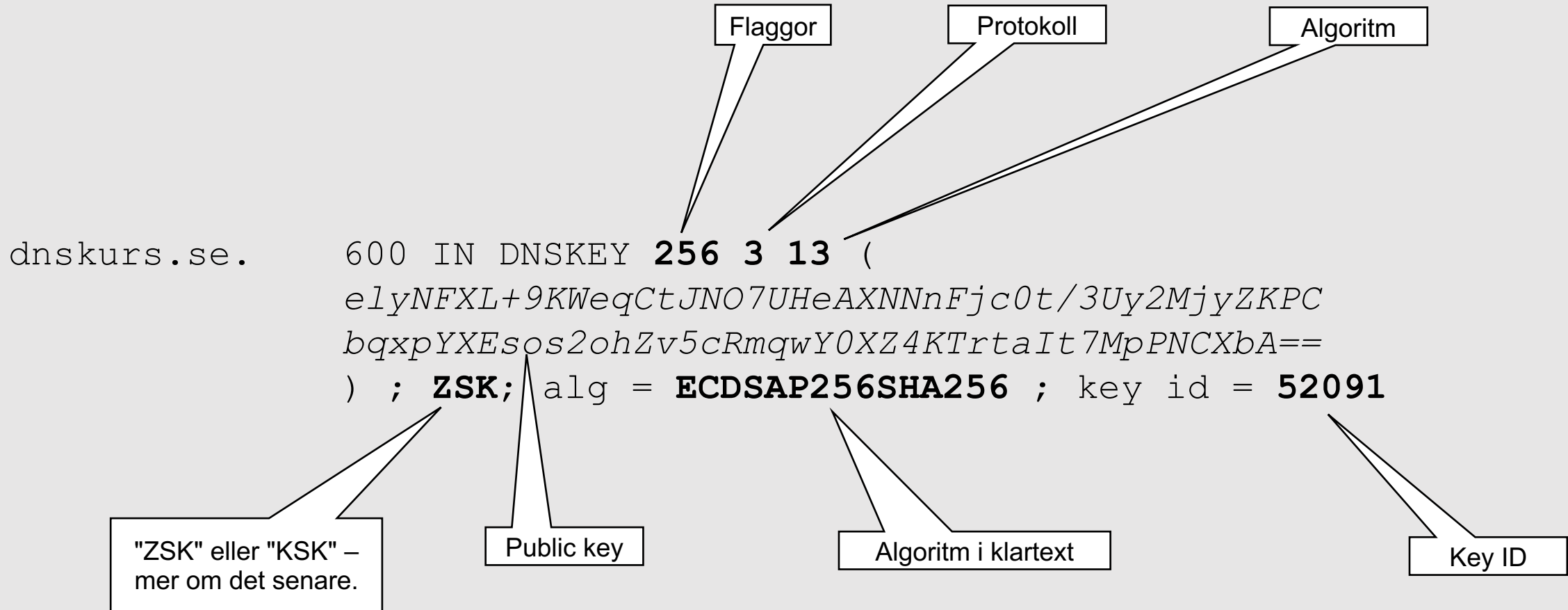
DNSKEY – "key tag" (key id)

Andra DNS-poster refererar till "key tag" (key id) på DNSKEY. Den räknas ut från RDATA. Det är ett 16-bitars heltal (65.536 olika värden). Det är inte en unik identifierare för DNSKEY. Det finns fler än 65.536 möjliga värden på DNSKEY.

Information efter ";" är en kommentar – inte en del av datat.

```
dnskurs.se.      600 IN DNSKEY 256 3 13 (  
9AyPqpD8TfxN4IW9f5fERot4W2RWf+QSvrIjYJrfN8DZ  
AF2DMNbYCyIo3KIXbKOhPBi65s9x76gaiksQuzU4sw==  
) ; ZSK; alg = ECDSAP256SHA256 ; key id = 23863
```

DNSKEY



DNSKEY

Med "dig +multiline +nocrypto" så döljs detaljerna i den publika nyckeln i visningen och ersätts med "[key id = xxxx]"

```
$ dig se dnskey +multiline +nocrypto
(...)
;; ANSWER SECTION:
se.      2785 IN DNSKEY 257 3 8 (
          [key id = 59407]
          ) ; KSK; alg = RSASHA256 ; key id = 59407
se.      2785 IN DNSKEY 256 3 8 (
          [key id = 12175]
          ) ; ZSK; alg = RSASHA256 ; key id = 12175
se.      2785 IN DNSKEY 256 3 8 (
          [key id = 24984]
          ) ; ZSK; alg = RSASHA256 ; key id = 24984
(...)
```

Bra när det är flera nycklar i DNSKEY RRset och man inte behöver detaljerna i själva nyckeln.

Nyckeln för DNSSEC

DNSSEC bygger på asymmetrisk kryptering, vilket betyder att det finns ett nyckelpar, två nycklar:

- Ena nyckeln hålls privat (hemlig) och används för är hemlig nyckel för att utföra signeringen av data.
- Andra nyckeln görs publik för att möjliggöra validering.

Den **publika nyckeln** ligger i **DNSKEY**. Den privata nyckeln hålls utanför DNS och zonen men måste finnas tillgänglig när man signerar.

DNSKEY RRset

I varje signerad zon så finns det ett DNSKEY RRset med en eller flera DNSKEY-poster. Klassiskt modell så är det två med olika roller, ibland bara en kombinerad nyckel.

DNSKEY RRset ligger alltid i apex tillsammans med SOA-posten och NS-posterna för zonen.

DNSKEY och signering

DNSKEY används för signering av DNS-datat (mer om detta senare).

Men, för att vara stringent:

- DNSKEY innehåller den publika nyckeln som kan användas för validering, inte signering.
- DNSKEY innehåller även annan information.
- Det är den privata nyckeln som hör ihop med en specifik DNSKEY, som används för signering. Den finns utanför DNS.

DNSKEY och giltighetstid

DNSKEY har, i princip, evig livslängd. Det finns inget start- eller slutdatum i den.

- DNSKEY bör bytas ut när snabbare datorer kan knäcka nyckellängden eller algoritmen.
- Om algoritmen inte längre accepteras av resolverar så måste DNSKEY ersättas med ny.
- Om den privata nyckeln kommer på avvägar så bör DNSKEY bytas ut.
- Om zonen byter DNS-operatör så byts DNSKEY normalt ut.

Giltighetstid för certifikat och SSH-nycklar

Som jämförelse, certifikat för TLS (SSL) som har en definierad giltighetstid. Både start- och slutdatum.

SSH-nycklar har liksom DNSKEY i princip evig giltighetstid. Dessa byts ut av liknande skäl som DNSKEY.

RRSIG

Checksumma (hash) av ett helt RRset. Hashen är krypterad med en specifik DNSKEY (eller mera korrekt, dess privata nyckel).

```
www.kth.se.      600 IN RRSIG A 8 3 600 (  
20200304174736 20200203171423 25833 kth.se.  
fVI02ZPGzNHHEEO0Nzcfbc1SQud4umndvLZxG9ksA0X/  
aW5TcbQtfMiSMzCJdjUILRqiic0/3cU8TdQANnMKg3gP  
BVpvH5FxYD/mqFnajWzZj14pE3dV4l/n5PSnmA7ZG36Y  
U3MQJ6NPGNdiDnoNC4Ma8gU2VRkBx/FAO6GM+wBfrMoz  
L9Rwkc8VxQRIutm1iNcw8qVzd3qY+uu2suyHg39/dHnM  
GXhrsHGsiVa8+OLw01ygksBxxjQaEQPUXd0wD2kmk2up  
ktM4U9FAhOfvco8oHBT7jse7ucpZOUsk3LybULRh33EF  
7G+HcgF50uombCzTifafYSnZeMx4d7pVQQ== )
```

Se tidigare föreläsning för definition av RRset.

dnskurs.se.

RRSIG

"Owner name" är samma som det RRset det gäller.

RRSIG signerar RRset av **alla** posttyper, t.ex. A, AAAA, NS, SOA, MX o.s.v. Inklusiv DNSEC-posttyper som DNSKEY, NSEC, DS o.s.v.

Undantag, **RRSIG signerar aldrig RRSIG.**

UTC = "Koordinerad universell tid", se https://sv.wikipedia.org/wiki/Koordinerad_universell_tid

A

"TYPE COVERED". Posttyp på det RRset som denna RRSIG gäller. A i detta fall.

13

2

600

20190214090448

Signaturen slutar gälla, datum och tid i UTC

20190131090448

Signaturen börja gälla, datum och tid i UTC.

42390

dnskurs.se.

HWn6wbVlxOCVh
XVuB51G/QJDTj7
nbRtSyH9mJwF4h
hrJk2tZYOkR8vPM
ASNnrrd3MUWLSx
4CVBNynDVhUm
wwbA==

Signatur (krypterad hash) i BASE64.

dnskurs.se.

RRSIG

A

13

2

600

20190214090448

20190131090448

42390

dnskurs.se.

HWn6wbVlxOCVh
XVuB51G/QJDTj7
nbRtSyH9mJwF4h
hrJk2tZYOkR8vPM
ASNnrrd3MUWLSx
4CVBNynDVhUm
wwbA==

"ALGORITHM". Nyckelns algoritim. d.v.s. på motsvande DNSKEY.

"KEY TAG". Gäller DNSKEY som har signerat och kan validera.

"SIGNER'S NAME". "Owner name" av den DNSKEY som har signerat, d.v.s. zonens namn.

Om man ska vara strikt så är det inte DNSKEY som har signerat, utan det är den hemliga nyckel som motsvarar den utpekade DNSKEY som har signerat.

Den hemliga nyckeln finns inte i DNS.

dnskurs.se.

RRSIG

A

13

2

600

20190214090448

20190131090448

42390

dnskurs.se.

HWn6wbVlxOCVh
XVuB51G/QJDTj7
nbRtSyH9mJwF4h
hrJk2tZYOk8vPM
ASNnrrd3MUWLSx
4CVBNynDVhUm
wwbA==

Antalet "lablar" till vänster om sista punkten (nedanför rot) i det ursprungliga namnet.

Ursprunglig TTL på det RRset som signerades.

"Antalet 'lablar'" används för att hantera RRSIG för RRset där domännamnet skapades från "wildcard" ("*"). För att kunna återskapa ursprungligt RRset och dito RRSIG.

Mer om "wildcard" i kommande föreläsning.

2 "labels" till vänster om sista punkten.

När ett RRset ska valideras m.h.a RRSIG och DNSKEY så måste man ha det kompletta RRset som det såg ut i masterzonen inkl. den TTL som gällde där.

Därför måste ursprunglig TTL finnas med i RRSIG.

Antalet "lablar" nedanför rot enligt RRSIG

Domännamn (exempel)	Antal "lablar"	Antal "lablar" nedanför rot	Antal "lablar" nedanför rot enligt RRSIG
www.kth.se.	4	3	3
kth.se.	3	2	2
se.	2	1	1
. (rot-noden)	1	0	0
*.kth.se.	4	3	2

Wildcard-namn.

Mer om "wildcard" i kommande föreläsning.

Wildcard-label räknas bort (kan bara finnas en och är alltid den första, längst ner).

RRSIG

Posttyp, "RRSIG".

Type covered, "A" i detta fall.

"Key ID" på nyckeln som kan validera RRSIG

Zon som posten tillhör.

www.kth.se.

```
579 IN RRSIG A 8 3 600 (  
20230216170602 20230117163724 35811 kth.se.  
hiQghPVpNq400Q6TOaxET2Jb9YUyb1OTxSTp5h/V+/PO  
rN2ErjV4m8xwIDampTuZkVLxG5Bo3Y7UMQMe9F+oVPTz  
xrTWbXAQSfvj3thROO9SWHFmMeVl2qz6ERHcDcYMS0Jw  
VcwQhNmUSX/+QV4uyab1GvZM1z9QBV+MuyZnUiS6AnO+  
QMYP2dix3mBfBSHbmotwOcowDup7o7zqxNe1eBWjgIbE  
ANtSJxY9LDl5GqKznxwwldEfwAucK40GHxCuTwEK8Z7F  
kGM81JH1Zfxp6VkZ9aD7eFyJmHE+WVdsduuh5lVGzIQ1  
fCxqtuGQa+GlsoX9ApwUH5sEcYdv13RhTQ== )
```

Resten är själva signaturen (den krypterade checksumman)

Tidsstämplar för giltighet

RRSIG

Med "dig +multiline +nocrypto" så döljs detaljerna i signaturen i visningen och ersätts med "[omitted]"

```
dig www.kth.se a +dnssec +multiline +nocrypto
```

```
(...)
```

```
;; ANSWER SECTION:
```

```
www.kth.se.      571 IN A 130.237.28.40
```

```
www.kth.se.      571 IN RRSIG A 8 3 600 (
                20230216170602 20230117163724 35811 kth.se.
                [omitted] )
```

Bra när man inte behöver detaljerna i själva signaturen.

RRSIG och signering

1. Skapa en checksumma (hash) av en kombination av
 - det RRset som ska signeras, och
 - fälten i RRSIG:s RDATA förutom signaturen.
2. Kryptera checksumman med en DNSKEY – med dess privata nyckel utanför DNS.
3. Den krypterade checksumman är en signatur som läggs i RRSIG för det RRset det gäller.
4. Signeringen kan verifieras med samma DNSKEY – med dess publika nyckel som ligger i DNSKEY.

RRSIG och giltighetstid

En DNS-zon utan DNSSEC kan sättas upp och sedan lämnas utan att ändras i åratal.

En signerad zon har RRSIG med begränsad livslängd. Den signerade zonen måste signeras om innan RRSIG löper ut.

Första och sista giltighet sitter i RRSIG-posten.

Dessutom så måste alla ha (någorlunda) korrekt tid.

RRSIG, RRset och TTL

Samma "owner name" kan hysa flera olika RRset. Exempel på kommande bilder.

Varje RRset kan ha sin TTL.

RRset: samma "owner name", klass och posttyp.

RRSIG, RRset och TTL

```
;; ANSWER SECTION:  
kth.se.          7200 IN      A 130.237.28.40
```

```
;; ANSWER SECTION:  
kth.se.          1800 IN      SOA a.ns.kth.se. hostmaster.kth.se. (  
    (...)  
    )
```

```
;; ANSWER SECTION:  
kth.se.          1800 IN      NS b.ns.kth.se.  
kth.se.          1800 IN      NS nic2.lth.se.  
(...)
```

```
;; ANSWER SECTION:  
kth.se.          3600 IN      TXT "KTH Royal Institute of Technology, SWEDEN"  
kth.se.          3600 IN      TXT "MS=ms86914267"  
(...)
```

TTL sätts per RRset, även när flera RRset har samma "owner name".

RRSIG, RRset och TTL

Med DNSSEC så har varje RRset sin RRSIG, minst en RRSIG för varje RRset.

RRSIG har alltid samma TTL som det RRset som den är RRSIG för.

RRSIG, RRset och TTL

;; ANSWER SECTION:

```
kth.se.          7200 IN A 130.237.28.40
kth.se.          7200 IN RRSIG A 8 2 7200 (
                20200227012630 20200128004109 25833 kth.se.
                [omitted] )
```

TTL sätts per RRset och RRSIG för samma TTL som "sitt" RRset.

;; ANSWER SECTION:

```
kth.se.          1800 IN NS b.ns.kth.se.
kth.se.          1800 IN NS a.ns.kth.se.
kth.se.          1800 IN NS ns2.chalmers.se.
kth.se.          1800 IN NS nic2.lth.se.
kth.se.          1800 IN RRSIG NS 8 2 1800 (
                20200215055135 20200116045414 25833 kth.se.
                [omitted] )
```

Med "dig +multiline +nocrypto" så döljs detaljerna i signaturen i visningen och ersätts med "[omitted]"

RRSIG, RRset och TTL

Normalt:

DNS-poster med samma "owner name" och "posttyp" är ett RRset med *samma* TTL.

RRSIG:

RRSIG med samma "owner name" kan ha *olika* TTL. Istället är "covered" RRset som styr.

Flera RRSIG med samma owner namn är *inte* ett RRset (undantag).

Existerar eller inte

RRSIG kan bara signera RRset. RRset representerar existerande data för existerande domännamn.

Icke-existens kommer i form av NXDOMAIN eller NODATA. Det behövs ett RRset som anger att namnet eller posttypen inte finns för att kunna ha RRSIG.

NSEC

Sökta namnet finns inte eller posttypen finns inte för det namnet.

www.kth.se. 86400 **NSEC**

zoom.kth.se. A TXT AAAA RRSIG NSEC

www.kth.se.

NSEC

zoom.kth.se.

"Owner name".

A
TXT
AAAA
RRSIG
NSEC

Nästa namn i zonen

Posttyp på alla RRset som
finns i "owner name" – och
indirekt vilka posttyper
som *inte* finns i det "owner
name".

Verifieras av RRSIG som
andra DNS-poster.

NSEC

När DNSSEC är aktiverat för zonen så läggs det till en NSEC-post för varje namn i zonen. Den pekar på nästa namn i zonen och signalerar att det inte finns något namn mellan dessa. Den berättar också vilka posttyper som finns för varje namn.

Owner name	Posttyp	Nästa namn	Posttyper under owner name
namn.se.	NSEC	ns1.namn.se.	SOA NS A AAAA NSEC RRSIG
ns1.namn.se.	NSEC	ns2.namn.se.	A AAAA NSEC RRSIG
ns2.namn.se.	NSEC	www.namn.se.	A AAAA NSEC RRSIG
www.namn.se.	NSEC	namn.se.	CNAME NSEC RRSIG

Sista NSEC i zonen pekar tillbaka till apex (zon-namnet).

Det finns inget namn mellan "ns2.namn.se" och "www.namn.se".

T.ex. "sth.namn.se" kan alltså inte finnas.

NSEC

NSEC-posten är två funktioner i en DNS-post. När vi validerar icke-existens så använder vi den ena av de två funktionerna, inte båda samtidigt.

`www.kth.se.NSEC`

`zoom.kth.se.`

`A TXT AAAA RRSIG NSEC`



Nästa namn.



Posttyper under "owner name".

Se uppdatering av denna bild nedan.

NSEC

```
www.kth.se.      NSEC  zoom.kth.se.      A TXT AAAA RRSIG NSEC
```

Namnet i "owner name" finns. Första delen av RDATA pekar ut nästa domännamn i zonen. Namn däremellan kan inte finnas.

Används vid NXDOMAIN.

Andra delen av RDATA används inte vid NXDOMAIN.

Se uppdatering av denna bild nedan.

NSEC

www.kth.se. NSEC zoom.kth.se. A TXT AAAA RRSIG NSEC

Namnet i "owner name" finns. Andra delen av RDATA berättar vilka posttyper som finns i "owner name". Andra posttyper finns inte.

Används vid NODATA.

Första delen används inte vid NODATA.

Se uppdatering av denna bild nedan.

NSEC – exempel NODATA

```
;; QUESTION SECTION:
;www.kth.se.          IN MX

;; AUTHORITY SECTION:
kth.se.              1800 SOA a.ns.kth.se. hostmaster.kth.se. (
                    2020020521 ; serial
                    14400      ; refresh (4 hours)
                    900        ; retry (15 minutes)
                    604800     ; expire (1 week)
                    86400      ; minimum (1 day)
                    )
kth.se.              1800 RRSIG SOA 8 2 1800 (
                    20200307134001 20200206124001 25833 kth.se.
                    ufXX2M3fyjqgk/E0KADSEIulID8k2uZ9YfetzZ7Dqg4e
                    (...))
                    ViHrM8XvVlth+G5w9i/8XOQ74H+OK/G4/A== )
www.kth.se.          86400 NSEC zoom.kth.se. A TXT AAAA RRSIG NSEC
www.kth.se.          86400 RRSIG NSEC 8 3 86400 (
                    20200227172652 20200128164931 25833 kth.se.
                    nXSsGzTYcYqf3Gbs9YCDb9McBu9GtSxssQxOaL3pTW49
                    (...))
                    oD++PpjSu4nW0JfXsg76BnobNo1BvXZuTg== )
```

Frågar efter MX under
www.kth.se.

I ett NODATA-svar så har
vi alltid en SOA-post i
"authority section".

RRSIG för SOA-posten.

Det finns ingen MX under
www.kth.se.

RRSIG signerar NSEC
RRset (NSEC-posten).

NSEC – exempel NXDOMAIN

```
;; QUESTION SECTION:  
; za.kth.se.      IN A
```

```
;; AUTHORITY SECTION:
```

```
kth.se.          1743 IN SOA a.ns.kth.se. hostmaster.kth.se. (  
                2023092574 ; serial  
                14400      ; refresh (4 hours)  
                900       ; retry (15 minutes)  
                604800    ; expire (1 week)  
                86400    ; minimum (1 day)
```

```
)  
kth.se.          1743 IN RRSIG SOA 8 2 1800 (  
                20231101130907 20231002120907 35811 kth.se.  
                [omitted] )
```

```
kth.se.         1743 IN NSEC _672f5810f0e3cef9228ccc19c17fc991.kth.se. A (...)CAA
```

```
kth.se.          1743 IN RRSIG NSEC 8 2 86400 (  
                20231013084018 20230913075621 35811 kth.se.  
                [omitted] )
```

```
www.xpres.kth.se. 1743 IN NSEC zoom.kth.se. CNAME RRSIG NSEC
```

```
www.xpres.kth.se. 1743 IN RRSIG NSEC 8 4 86400 (  
                20231026032245 20230926024208 35811 kth.se.  
                [omitted] )
```

"" kan användas som "wildcard" i zonen för att representera en hel label eller flera. Mer i kommande föreläsning.

Det finns ingen "*.kth.se".

Det finns ingen "za.kth.se".

NSEC

För NSEC så krävs en entydig ordning mellan namnen i en zon.

- A-Z sorteras som a-z.
- Sorteringen görs som strängar av oktetter.
- Sortering på labelnivå där tom kommer först, d.v.s. "nada.kth.se" kommer före "www.nada.kth.se", som kommer före "www.kth.se".

Exempel på sortering (från RFC 4034, avsnitt 6.1, sidan 19):

```
example
a.example
yljkjljk.a.example
Z.a.example
zABC.a.EXAMPLE
z.example
\001.z.example
*.z.example
\200.z.example
```

NSEC

Det kan inte finnas två eller fler NSEC med samma "owner name".

▶ Domännamn utan data

[\[Till Innehåll\]](#)

Domännamn utan data

I .se-zonen så finns det data direkt under .se, t.ex. SOA-posten. Det finns även data under t.ex. a.ns.se:

```
a.ns.se. A 192.36.144.107
```

Men det finns ingen data under ns.se. men ns.se finns. Den kallas för en ***empty non-terminals***.

När vi frågar med vanlig DNS så blir det som en vanliga NODATA oavsett ***query type***.

```
; <<>> DiG 9.10.6 <<>> se any @b.ns.se +mult +noedns +norec
;; global options: +cmd
;; Got answer:
;; ->>HEADER<<- opcode: QUERY, status: NOERROR, id: 22069
;; flags: qr aa; QUERY: 1, ANSWER: 20, AUTHORITY: 0, ADDITIONAL: 0
```

Om vi frågar en se-server efter "se any" så får vi svar på alla DNS-poster som finns där.

```
;; QUESTION SECTION:
;se.          IN ANY
```

```
;; ANSWER SECTION:
```

```
se.          172800 IN RRSIG SOA 8 1 172800 (
                20231020112336 20231006191103 7906 se.
                n5jhKfLyg9W8+PZz84kanAmmMSOvS6etydvIg/DoUe3F
                VwfMlDudmaMJKi7js6aq9vBhEhR20Oww5DbDN8BbfZdh
                5iV7oBK681kztsIyspnNfFvnc7+yWU0JTT0y2aFakTWX
                ZBiqpUjAexUA0A3AXgB1llQM8+VABDxSKM6S1zJPeiB1
                ws32QFzV4YxEs3KnzgeuDmp5zVrFhIYg+rdZ3P2/87L4
                s23kykFI5OXnN5sGR/x8G2u8lNIO8NK+VMH7sACyWC5j
                6L4PEBzozD8z7EspNlXirOapRGNAwMwz4bPAJjqiiYjd
                /W+cOmL2mhgH9zdMSbFOX6fTgsVAoJ48fA== )
```

(...)


```
; <<>> DiG 9.10.6 <<>> a.ns.se any @b.ns.se +mult +noedns +nored
;; global options: +cmd
;; Got answer:
;; ->>HEADER<<- opcode: QUERY, status: NOERROR, id: 12941
;; flags: qr aa; QUERY: 1, ANSWER: 8, AUTHORITY: 0, ADDITIONAL: 0

;; QUESTION SECTION:
;a.ns.se.          IN ANY

;; ANSWER SECTION:
a.ns.se.          172800 IN A 192.36.144.107
(...)
```

Om vi frågar efter "a.ns.se any" så får vi svar på alla DNS-poster som finns där.

```
; <<>> DiG 9.10.6 <<>> ns.se any @b.ns.se +mult +noedns +norec
;; global options: +cmd
;; Got answer:
;; ->>HEADER<<- opcode: QUERY, status: NOERROR, id: 28120
;; flags: qr aa; QUERY: 1, ANSWER: 0, AUTHORITY: 1, ADDITIONAL: 0

;; QUESTION SECTION:
;ns.se.          IN ANY

;; AUTHORITY SECTION:
se.              7200 IN SOA  catcher-in-the-rye.nic.se. registry-default.nic.se. (
                2023100622 ; serial
                1800      ; refresh (30 minutes)
                1800      ; retry (30 minutes)
                864000    ; expire (1 week 3 days)
                7200      ; minimum (2 hours)
                )

(...)
```

Om vi frågar efter "ns.se any" så får vi ett normalt NODATA-svar.

Det är en tom nod, inga DNS-poster.

Namnet (noden) finns.

Empty non-terminals

Följande gäller för empty non-terminals:

- Det finns inga poster i noden (namnet).
- Under noden, ett eller flera steg ner, så finns det en nod med en eller flera DNS-poster.
- Det blir ett NODATA-svar för alla frågor om namnet.

Empty terminals?

Nej, en nod som varken har DNS-post i sig eller någon underliggande nod existerar inte.

Noderna i DNS-trädet uppstår genom att det finns DNS-posters vars ***owner name*** har namnet i sig. Ev. tomma noder “på vägen” kommer då att skapas.

Inga noder kan skapas nedanför den nedersta noden med data.

NXDOMAIN

NXDOMAIN betyder att det efterfrågade namnet inte finns.

Det betyder också att det inte finns någon subdomän till det efterfrågade namnet, det finns inga noder under namnet.

- Om det blir NXDOMAIN på "a.b.c" så betyder det att "x.a.b.c" inte existerar.

Konsekvensen är att resolverar kan använda en cachad NXDOMAIN för att avgöra att en subdomän också blir NXDOMAIN.

▶ NSEC och empty non-terminals

[\[Till Innehåll\]](#)

Domännamn utan data

När vi frågar efter ett "empty non-terminal" med DNSSEC så blir det ingen NSEC för namnet, utan ett NSEC som omger namnet och som visar att namnet inte finns med data.

NSEC pekar på nästa namn med data (DNS-post).

Namnet finns fortfarande, så det blir inte NXDOMAIN, utan NODATA.

```
; <<>> DiG 9.10.6 <<>> ns.se any @b.ns.se +mult +dnss +norec
;; global options: +cmd
;; Got answer:
;; ->>HEADER<<- opcode: QUERY, status: NOERROR, id: 51601
;; flags: qr aa; QUERY: 1, ANSWER: 0, AUTHORITY: 4, ADDITIONAL: 1

;; OPT PSEUDOSECTION:
; EDNS: version: 0, flags: do; udp: 1232
;; QUESTION SECTION:
;ns.se.          IN ANY

;; AUTHORITY SECTION:
se.             7200 IN SOA catcher-in-the-rye.nic.se. registry-default.nic.se. (...)
se.             7200 IN RRSIG SOA 8 1 172800 (...)
nrz.se.        7200 IN NSEC a.ns.se. NS RRSIG NSEC
nrz.se.        7200 IN RRSIG NSEC 8 2 7200 (
```

NODATA

Närmast före namn med data.

Nästa namn med data. Om "a.ns.se" finns i zonen, så finns också "ns.se" med automatik.

Sorteringsordning:
nrz.se < ns.se < a.ns.se

NSEC (uppdaterad)

NSEC-posten är två funktioner i en DNS-post. När vi validerar icke-existens så använder vi den ena av de två funktionerna, inte båda samtidigt.

www.kth.se. NSEC zoom.kth.se.

Nästa namn **med data**.

A TXT AAAA RRSIG NSEC

Posttyper under "owner name".

NSEC (uppdaterad)

```
www.kth.se.      NSEC  zoom.kth.se.      A TXT AAAA RRSIG NSEC
```

Namnet i "owner name" finns. Första delen av RDATA pekar ut nästa domännamn i zonen **med data**. Namn däremellan kan inte finnas **med data** (men ev. utan data).

- Används vid NXDOMAIN.
- Används vid NODATA om "query name" är "empty non-terminal".
- Andra delen av RDATA används inte vid dessa fall.

NSEC (uppdaterad)

www.kth.se. NSEC zoom.kth.se. A TXT AAAA RRSIG NSEC

Namnet i "owner name" finns. Andra delen av RDATA berättar vilka posttyper som finns i "owner name". Andra posttyper finns inte.

- Används vid NODATA där "query name" har någon DNS-post.
- I dessa fall används inte första delen.

NSEC aldrig ensam

NSEC-poster skapas inte i noder där det inte finns någon annan data.

I noden "se" finns bl.a. SOA och där finns det en NSEC-post.

```
se.      NSEC      0.se.      NS SOA TXT RRSIG NSEC DNSKEY
se.      SOA       catcher-in-the-rye.nic.se. (...)
```

I noden "a.ns.se" finns bl.a. A och AAAA, och där finns en NSEC-post.

```
a.ns.se. NSEC      b.ns.se.      A TXT AAAA RRSIG NSEC
a.ns.se. A          192.36.144.107
a.ns.se. AAAA     2a01:3f0:0:301::53
```

I noden "ns.se" finns inga andra DNS-poster, och där finns ingen NSEC.

NSEC pekar på nästa namn med data

Om det finns ett namn utan data så skapar vi inget NSEC. Listan över posttyper kan aldrig vara bara en NSEC-post.

Owner name	Posttyp	Nästa namn med data	Posttyper under owner name
<code>namn.xa.</code>	NSEC	<code>www.sth.namn.xa.</code>	SOA NS NSEC RRSIG
<code>www.sth.namn.xa.</code>	NSEC	<code>namn.xa.</code>	CNAME NSEC RRSIG

Sista NSEC i zonen pekar tillbaka till apex (zon-namnet).

Nästa namn i zonen är "sth.namn.xa", men den är tom, inga DNS-poster, ingen data. Nästa namn i zonen **med** data är "www.sth.namn.xa". NSEC-posten kommer att peka på det namnet istället.

▶ CNAME, RRSIG och NSEC

[\[Till Innehåll\]](#)

RRSIG och NSEC i zonen

För varje RRset så finns det en RRSIG. För varje namn med minst ett RRset så finns det en NSEC. Det gäller även tillsammans med CNAME.

CNAME får normalt inte kombineras med annan data, men:

- CNAME måste kombineras med RRSIG
- CNAME måste kombineras med NSEC

RRSIG och CNAME

```
; <<>> DiG 9.10.6 <<>> www.sunet.se cname +dns +mult
;; global options: +cmd
;; Got answer:
;; ->>HEADER<<- opcode: QUERY, status: NOERROR, id: 65313
;; flags: qr rd ra; QUERY: 1, ANSWER: 2, AUTHORITY: 0, ADDITIONAL: 1

;; OPT PSEUDOSECTION:
; EDNS: version: 0, flags: do; udp: 4000
;; QUESTION SECTION:
;www.sunet.se.          IN CNAME

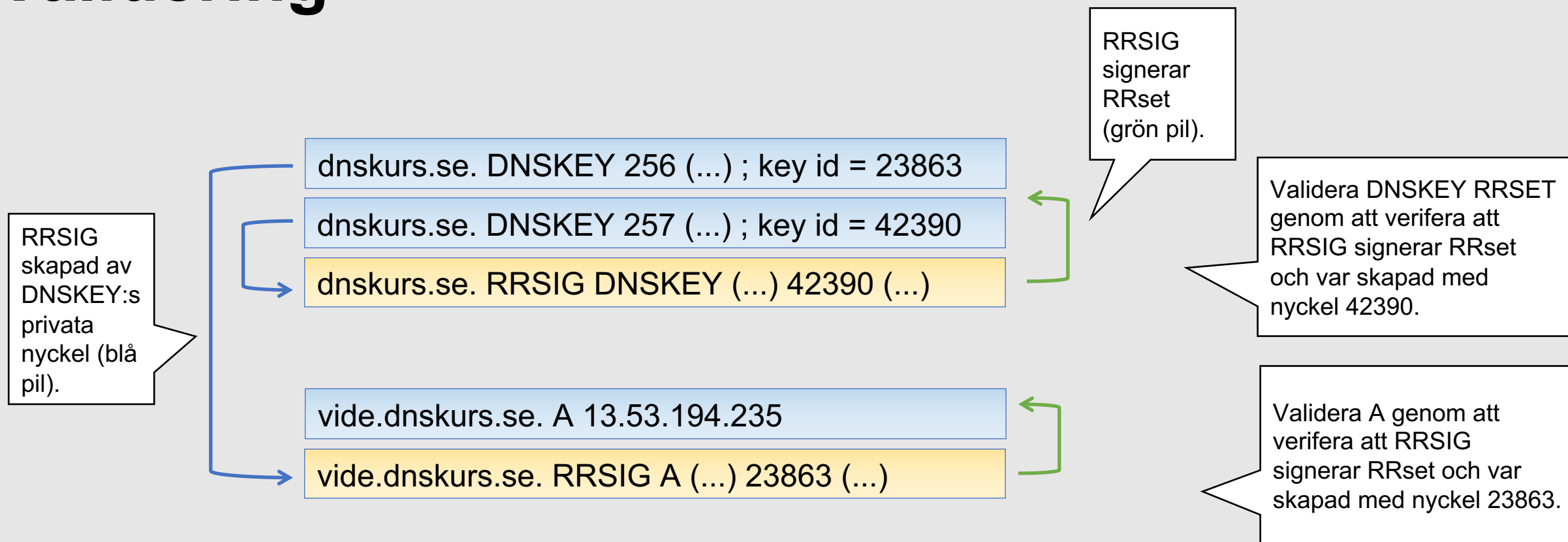
;; ANSWER SECTION:
www.sunet.se.          293 IN CNAME webc.sunet.se.
www.sunet.se.          293 IN RRSIG CNAME 8 3 300 (
    20190216094347 20190206084347 7636 sunet.se.
    CsQ2UKABmZg1s0sMiOsE1Gac3HfQN6mK7rjfkJfVVMa6
    PMFfcww4idMAHMPBW9ROI6tdXd74aZRfA6Z91HEYzeXb
    AG0DZAGh3S8JaHH4NsCuxRrRn5K2TGSqLXkpqzGXFdpJ
    DrJ8B3xDNcMTJUtesotw/ZYPi386rRoVmaU1rMo= )

(...)
```


► Validering

[\[Till Innehåll\]](#)

Validering



Hur kan vi lita på DNSKEY 42390?
Måste jag ha den från början?

Validering

Mer om validering i nästa föreläsning. Och mer om DNSSEC.

► Om presentationen

[\[Till innehåll \]](#)

Internets domännamnssystem

Denna presentation är framtagen 2019–2024 av Mats Dufberg (mats.dufberg@internetstiftelsen.se) på Internetstiftelsen (<https://internetstiftelsen.se/>). Den är en del av undervisningsmaterialet för kursen ”Internets domännamnssystem” vid Kungliga tekniska högskolan, KTH (kurskod HI1037) resp. Karlstads universitet, KAU (kurskod DVGC28).

Licens

Detta undervisningsmaterial tillhandahålls med licens BY 4.0 enligt Creative Commons (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.sv>) och får användas i enlighet med de villkoren.

Dokumenthistorik

- Rev A: Ursprunglig version VT 2024
- Rev B: Rättelse av bild 56 (antalet "lablar" för wildcard-namnet).

Slut.