

ZFS

Siste ord innen filsystemer

Trond Endrestøl

Fagskolen Innlandet, IT-avdelingen

2. januar 2014

- Filene til foredraget er tilgjengelig gjennom:
 - Subversion: `svn co svn://svn.ximalas.info/zfs-foredrag`
 - Web: svnweb.ximalas.info/zfs-foredrag
 - Begge metodene er tilgjengelig med både IPv4 og IPv6
- [zfs-foredrag.foredrag.pdf](#) vises på lerretet
- [zfs-foredrag.handout.pdf](#) er mye bedre for publikum å se på
- [zfs-foredrag.handout.2on1.pdf](#) og [zfs-foredrag.handout.4on1.pdf](#) er begge velegnet til utskrift
- *.169.pdf-filene er i 16:9-format
- *.1610.pdf-filene er i 16:10-format

- Foredraget er mekket ved hjelp av [GNU Emacs](#), [AUCTEX](#), [pdfTEX](#) fra [MiKTeX](#), [LATEX](#)-dokumentklassa [beamer](#), [Subversion](#), [TortoiseSVN](#) og [Adobe Reader](#)
- Hovedfila bærer denne identifikasjonen:
`$Ximalas: trunk/zfs-foredrag.tex 8 2014-01-02 11:53:00Z trond $`
- Driverfila for denne PDF-fila bærer denne identifikasjonen:
`$Ximalas: trunk/zfs-foredrag.foredrag.1610.tex 3 2013-12-23 13:42:53Z trond $`
- Copyright © 2013 Trond Endrestøl
- Dette verket er lisensiert med: [Creative Commons](#), [Navngivelse-DelPåSammeVilkår 3.0 Norge](#) (CC BY-SA 3.0)



Oversikt over hele foredraget

Del 1: ZFS?

- 1 Hva er ZFS?
- 2 Hva er grensene til ZFS?
- 3 Hvordan virker ZFS?
- 4 ZFS og RAID-kontrollere
- 5 Hvor kommer ZFS fra?
- 6 Versjonsnummer i ZFS
 - Pool-versjonsnummer
 - Filsystem-versjonsnummer
- 7 Fremtiden for ZFS?

8 Administrasjon av ZFS

- zpool
- zfs

9 Oppretting av pooler

- Enkle pool-eksempler
- Avanserte pool-eksempler

10 zpool-egenskaper

11 zfs-egenskaper

Del I

ZFS?

Oversikt over del 1: ZFS?

- 1 Hva er ZFS?
- 2 Hva er grensene til ZFS?
- 3 Hvordan virker ZFS?
- 4 ZFS og RAID-kontrollere
- 5 Hvor kommer ZFS fra?
- 6 Versjonsnummer i ZFS
 - Pool-versjonsnummer
 - Filsystem-versjonsnummer
- 7 Fremtiden for ZFS?

Hva er ZFS?

Hva er ZFS?

- ZFS er

Hva er ZFS?

- ZFS er
 - ① Logisk volumhåndterer

(Logical Volume Manager, LVM)

Hva er ZFS?

- ZFS er
 - ① Logisk volumhåndterer (Logical Volume Manager, LVM)
 - ② Filsystem med bl.a. snapshots, kloner, kompresjon og deduplisering

Hva er ZFS?

- ZFS er
 - 1 Logisk volumhåndterer (Logical Volume Manager, LVM)
 - 2 Filsystem med bl.a. snapshots, kloner, kompresjon og deduplisering
 - 3 Tilbyr også «zvolumer» som lagringsenheter for andre filsystemer

Hva er ZFS?

- ZFS er
 - 1 Logisk volumhåndterer (Logical Volume Manager, LVM)
 - 2 Filsystem med bl.a. snapshots, kloner, kompresjon og deduplisering
 - 3 Tilbyr også «zvolumer» som lagringsenheter for andre filsystemer
- ZFS tar dataintegritet på alvor; hastighet kommer i senere rekker

Hva er ZFS?

- ZFS er
 - 1 Logisk volumhåndterer (Logical Volume Manager, LVM)
 - 2 Filsystem med bl.a. snapshots, kloner, kompresjon og deduplisering
 - 3 Tilbyr også «zvolumer» som lagringsenheter for andre filsystemer
- ZFS tar dataintegritet på alvor; hastighet kommer i senere rekker
- Enklere organisering enn «Storage Spaces» i Microsoft Windows Server 2012

Hva er ZFS?

- ZFS er
 - 1 Logisk volumhåndterer (Logical Volume Manager, LVM)
 - 2 Filsystem med bl.a. snapshots, kloner, kompresjon og deduplisering
 - 3 Tilbyr også «zvolumer» som lagringsenheter for andre filsystemer
- ZFS tar dataintegritet på alvor; hastighet kommer i senere rekker
- Enklere organisering enn «Storage Spaces» i Microsoft Windows Server 2012
- Lagringen organiseres i pooler som kan bestå av

Hva er ZFS?

- ZFS er
 - 1 Logisk volumhåndterer (Logical Volume Manager, LVM)
 - 2 Filsystem med bl.a. snapshots, kloner, kompresjon og deduplisering
 - 3 Tilbyr også «zvolumer» som lagringsenheter for andre filsystemer
- ZFS tar dataintegritet på alvor; hastighet kommer i senere rekker
- Enklere organisering enn «Storage Spaces» i Microsoft Windows Server 2012
- Lagringen organiseres i pooler som kan bestå av
 - 1 Enkeltdisker/partisjoner

Hva er ZFS?

- ZFS er
 - ① Logisk volumhåndterer (Logical Volume Manager, LVM)
 - ② Filsystem med bl.a. snapshots, kloner, kompresjon og deduplisering
 - ③ Tilbyr også «zvolumer» som lagringsenheter for andre filsystemer
- ZFS tar dataintegritet på alvor; hastighet kommer i senere rekker
- Enklere organisering enn «Storage Spaces» i Microsoft Windows Server 2012
- Lagringen organiseres i pooler som kan bestå av
 - ① Enkeltdisker/partisjoner
 - ② Striping (RAID 0) mellom to eller flere disk/partisjoner

Hva er ZFS?

- ZFS er
 - 1 Logisk volumhåndterer (Logical Volume Manager, LVM)
 - 2 Filsystem med bl.a. snapshots, kloner, kompresjon og deduplisering
 - 3 Tilbyr også «zvolumer» som lagringsenheter for andre filsystemer
- ZFS tar dataintegritet på alvor; hastighet kommer i senere rekker
- Enklere organisering enn «Storage Spaces» i Microsoft Windows Server 2012
- Lagringen organiseres i pooler som kan bestå av
 - 1 Enkeltdisker/partisjoner
 - 2 Striping (RAID 0) mellom to eller flere disk/partisjoner
 - 3 Speiling (RAID 1) mellom to eller flere disk/partisjoner

Hva er ZFS?

- ZFS er
 - 1 Logisk volumhåndterer (Logical Volume Manager, LVM)
 - 2 Filsystem med bl.a. snapshots, kloner, kompresjon og deduplisering
 - 3 Tilbyr også «zvolumer» som lagringsenheter for andre filsystemer
- ZFS tar dataintegritet på alvor; hastighet kommer i senere rekker
- Enklere organisering enn «Storage Spaces» i Microsoft Windows Server 2012
- Lagringen organiseres i pooler som kan bestå av
 - 1 Enkeltdisker/partisjoner
 - 2 Striping (RAID 0) mellom to eller flere disk/partisjoner
 - 3 Speiling (RAID 1) mellom to eller flere disk/partisjoner
 - 4 raidz1 (RAID 5, enkel paritet) over tre eller flere disk/partisjoner

Hva er ZFS?

- ZFS er
 - 1 Logisk volumhåndterer (Logical Volume Manager, LVM)
 - 2 Filsystem med bl.a. snapshots, kloner, kompresjon og deduplisering
 - 3 Tilbyr også «zvolumer» som lagringsenheter for andre filsystemer
- ZFS tar dataintegritet på alvor; hastighet kommer i senere rekker
- Enklere organisering enn «Storage Spaces» i Microsoft Windows Server 2012
- Lagringen organiseres i pooler som kan bestå av
 - 1 Enkeltdisker/partisjoner
 - 2 Striping (RAID 0) mellom to eller flere disk/partisjoner
 - 3 Speiling (RAID 1) mellom to eller flere disk/partisjoner
 - 4 raidz1 (RAID 5, enkel paritet) over tre eller flere disk/partisjoner
 - 5 raidz2 (RAID 6, dobbel paritet) over fire eller flere disk/partisjoner

- ZFS er
 - 1 Logisk volumhåndterer (Logical Volume Manager, LVM)
 - 2 Filsystem med bl.a. snapshots, kloner, kompresjon og deduplisering
 - 3 Tilbyr også «zvolumer» som lagringsenheter for andre filsystemer
- ZFS tar dataintegritet på alvor; hastighet kommer i senere rekker
- Enklere organisering enn «Storage Spaces» i Microsoft Windows Server 2012
- Lagringen organiseres i pooler som kan bestå av
 - 1 Enkeltdisker/partisjoner
 - 2 Striping (RAID 0) mellom to eller flere disker/partisjoner
 - 3 Speiling (RAID 1) mellom to eller flere disker/partisjoner
 - 4 raidz1 (RAID 5, enkel paritet) over tre eller flere disker/partisjoner
 - 5 raidz2 (RAID 6, dobbel paritet) over fire eller flere disker/partisjoner
 - 6 raidz3 («RAID 7», trippel paritet) over fem eller flere disker/partisjoner

- ZFS er
 - 1 Logisk volumhåndterer (Logical Volume Manager, LVM)
 - 2 Filsystem med bl.a. snapshots, kloner, kompresjon og deduplisering
 - 3 Tilbyr også «zvolumer» som lagringsenheter for andre filsystemer
- ZFS tar dataintegritet på alvor; hastighet kommer i senere rekker
- Enklere organisering enn «Storage Spaces» i Microsoft Windows Server 2012
- Lagringen organiseres i pooler som kan bestå av
 - 1 Enkeltdisker/partisjoner
 - 2 Striping (RAID 0) mellom to eller flere disker/partisjoner
 - 3 Speiling (RAID 1) mellom to eller flere disker/partisjoner
 - 4 raidz1 (RAID 5, enkel paritet) over tre eller flere disker/partisjoner
 - 5 raidz2 (RAID 6, dobbel paritet) over fire eller flere disker/partisjoner
 - 6 raidz3 («RAID 7», trippel paritet) over fem eller flere disker/partisjoner
- Visse kombinasjoner av det overstående er også mulig

Hva er grensene til ZFS?

Hva er grensene til ZFS?

- ZFS er stort sett grenseløs

Hva er grensene til ZFS?

- ZFS er stort sett grenseløs
 - 128-bit diskadresser

Hva er grensene til ZFS?

- ZFS er stort sett grenseløs
 - 128-bit diskadresser
 - Maks. 2^{48} poster i hver katalog

Hva er grensene til ZFS?

- ZFS er stort sett grenseløs
 - 128-bit diskadresser
 - Maks. 2^{48} poster i hver katalog
 - Maks. 2^{64} bytes (16 EiB, 16 exbibytes) for hver fil

Hva er grensene til ZFS?

- ZFS er stort sett grenseløs
 - 128-bit diskadresser
 - Maks. 2^{48} poster i hver katalog
 - Maks. 2^{64} bytes (16 EiB, 16 exbibytes) for hver fil
 - Maks. 2^{64} bytes for hvert attributt

Hva er grensene til ZFS?

- ZFS er stort sett grenseløs
 - 128-bit diskadresser
 - Maks. 2^{48} poster i hver katalog
 - Maks. 2^{64} bytes (16 EiB, 16 exbibytes) for hver fil
 - Maks. 2^{64} bytes for hvert attributt
 - Maks. 2^{78} bytes (256 ZiB, 256 zebibytes) i hver pool

Hva er grensene til ZFS?

- ZFS er stort sett grenseløs
 - 128-bit diskadresser
 - Maks. 2^{48} poster i hver katalog
 - Maks. 2^{64} bytes (16 EiB, 16 exbibytes) for hver fil
 - Maks. 2^{64} bytes for hvert attributt
 - Maks. 2^{78} bytes (256 ZiB, 256 zebibytes) i hver pool
 - Maks. 2^{56} attributter for hver fil (egentlig begrenset til 2^{48} attributter)

Hva er grensene til ZFS?

- ZFS er stort sett grenseløs
 - 128-bit diskadresser
 - Maks. 2^{48} poster i hver katalog
 - Maks. 2^{64} bytes (16 EiB, 16 exbibytes) for hver fil
 - Maks. 2^{64} bytes for hvert attributt
 - Maks. 2^{78} bytes (256 ZiB, 256 zebibytes) i hver pool
 - Maks. 2^{56} attributter for hver fil (egentlig begrenset til 2^{48} attributter)

Hva er grensene til ZFS?

- ZFS er stort sett grenseløs
 - 128-bit diskadresser
 - Maks. 2^{48} poster i hver katalog
 - Maks. 2^{64} bytes (16 EiB, 16 exbibytes) for hver fil
 - Maks. 2^{64} bytes for hvert attributt
 - Maks. 2^{78} bytes (256 ZiB, 256 zebibytes) i hver pool
 - Maks. 2^{56} attributter for hver fil (egentlig begrenset til 2^{48} attributter)
 - Maks. 2^{64} enheter tilknyttet en gitt pool

Hva er grensene til ZFS?

- ZFS er stort sett grenseløs
 - 128-bit diskadresser
 - Maks. 2^{48} poster i hver katalog
 - Maks. 2^{64} bytes (16 EiB, 16 exbibytes) for hver fil
 - Maks. 2^{64} bytes for hvert attributt
 - Maks. 2^{78} bytes (256 ZiB, 256 zebibytes) i hver pool
 - Maks. 2^{56} attributter for hver fil (egentlig begrenset til 2^{48} attributter)
 - Maks. 2^{64} enheter tilknyttet en gitt pool
 - Maks. 2^{64} pooler i et og samme system

Hva er grensene til ZFS?

- ZFS er stort sett grenseløs
 - 128-bit diskadresser
 - Maks. 2^{48} poster i hver katalog
 - Maks. 2^{64} bytes (16 EiB, 16 exbibytes) for hver fil
 - Maks. 2^{64} bytes for hvert attributt
 - Maks. 2^{78} bytes (256 ZiB, 256 zebibytes) i hver pool
 - Maks. 2^{56} attributter for hver fil (egentlig begrenset til 2^{48} attributter)
 - Maks. 2^{64} enheter tilknyttet en gitt pool
 - Maks. 2^{64} pooler i et og samme system
 - Maks. 2^{64} filsystemer i samme pool

Hva er grensene til ZFS?

- ZFS er stort sett grenseløs
 - 128-bit diskadresser
 - Maks. 2^{48} poster i hver katalog
 - Maks. 2^{64} bytes (16 EiB, 16 exbibytes) for hver fil
 - Maks. 2^{64} bytes for hvert attributt
 - Maks. 2^{78} bytes (256 ZiB, 256 zebibytes) i hver pool
 - Maks. 2^{56} attributter for hver fil (egentlig begrenset til 2^{48} attributter)
 - Maks. 2^{64} enheter tilknyttet en gitt pool
 - Maks. 2^{64} pooler i et og samme system
 - Maks. 2^{64} filsystemer i samme pool
 - Ref.: <http://en.wikipedia.org/wiki/ZFS>

Hva er grensene til ZFS?

- ZFS er stort sett grenseløs
 - 128-bit diskadresser
 - Maks. 2^{48} poster i hver katalog
 - Maks. 2^{64} bytes (16 EiB, 16 exbibytes) for hver fil
 - Maks. 2^{64} bytes for hvert attributt
 - Maks. 2^{78} bytes (256 ZiB, 256 zebibytes) i hver pool
 - Maks. 2^{56} attributter for hver fil (egentlig begrenset til 2^{48} attributter)
 - Maks. 2^{64} enheter tilknyttet en gitt pool
 - Maks. 2^{64} pooler i et og samme system
 - Maks. 2^{64} filsystemer i samme pool
 - Ref.: <http://en.wikipedia.org/wiki/ZFS>
- Vis meg det systemet som klarer å sprengre noen av disse grensene!

Hvordan virker ZFS?

Hvordan virker ZFS?

- ZFS unngår RAID 5-skrivehullet til eldre RAID-kontrollere som

Hvordan virker ZFS?

- ZFS unngår RAID 5-skrivehullet til eldre RAID-kontrollere som
 - 1 Skriver nye data til de samme datablokkene som tidligere

Hvordan virker ZFS?

- ZFS unngår RAID 5-skrivehullet til eldre RAID-kontrollere som
 - ① Skriver nye data til de samme datablokkene som tidligere
 - ② Leser gamle, urørte data fra de samme datablokkene

Hvordan virker ZFS?

- ZFS unngår RAID 5-skrivehullet til eldre RAID-kontrollere som
 - 1 Skriver nye data til de samme datablokkene som tidligere
 - 2 Leser gamle, urørte data fra de samme datablokkene
 - 3 Regner ut ny paritet for datablokkene

Hvordan virker ZFS?

- ZFS unngår RAID 5-skrivehullet til eldre RAID-kontrollere som
 - ① Skriver nye data til de samme datablokkene som tidligere
 - ② Leser gamle, urørte data fra de samme datablokkene
 - ③ Regner ut ny paritet for datablokkene
 - ④ Skriver oppdatert paritet til de samme paritetsblokkene som tidligere

Hvordan virker ZFS?

- ZFS unngår RAID 5-skrivehullet til eldre RAID-kontrollere som
 - ① Skriver nye data til de samme datablokkene som tidligere
 - ② Leser gamle, urørte data fra de samme datablokkene
 - ③ Regner ut ny paritet for datablokkene
 - ④ Skriver oppdatert paritet til de samme paritetsblokkene som tidligere
 - Hva skjer nå og senere hvis du får strømbrydd mellom punktene 1 og 4?

Hvordan virker ZFS?

- ZFS unngår RAID 5-skrivehullet til eldre RAID-kontrollere som
 - ① Skriver nye data til de samme datablokkene som tidligere
 - ② Leser gamle, urørte data fra de samme datablokkene
 - ③ Regner ut ny paritet for datablokkene
 - ④ Skriver oppdatert paritet til de samme paritetsblokkene som tidligere
 - Hva skjer nå og senere hvis du får strømprudd mellom punktene 1 og 4?
 - Har diskkontrolleren batteribeskyttet minne?

Hvordan virker ZFS?

- ZFS unngår RAID 5-skrivehullet til eldre RAID-kontrollere som
 - ① Skriver nye data til de samme datablokkene som tidligere
 - ② Leser gamle, urørte data fra de samme datablokkene
 - ③ Regner ut ny paritet for datablokkene
 - ④ Skriver oppdatert paritet til de samme paritetsblokkene som tidligere
 - Hva skjer nå og senere hvis du får strømbrudd mellom punktene 1 og 4?
 - Har diskkontrolleren batteribeskyttet minne?
- ZFS skriver fulle striper; data og paritet samtidig

Hvordan virker ZFS?

- ZFS unngår RAID 5-skrivehullet til eldre RAID-kontrollere som
 - ① Skriver nye data til de samme datablokkene som tidligere
 - ② Leser gamle, urørte data fra de samme datablokkene
 - ③ Regner ut ny paritet for datablokkene
 - ④ Skriver oppdatert paritet til de samme paritetsblokkene som tidligere
 - Hva skjer nå og senere hvis du får strømbrudd mellom punktene 1 og 4?
 - Har diskkontrolleren batteribeskyttet minne?
- ZFS skriver fulle striper; data og paritet samtidig
- ZFS bruker «copy-on-write»; skriver nye data til ledige diskblokker

Hvordan virker ZFS?

- ZFS unngår RAID 5-skrivehullet til eldre RAID-kontrollere som
 - ① Skriver nye data til de samme datablokkene som tidligere
 - ② Leser gamle, urørte data fra de samme datablokkene
 - ③ Regner ut ny paritet for datablokkene
 - ④ Skriver oppdatert paritet til de samme paritetsblokkene som tidligere
 - Hva skjer nå og senere hvis du får strømbrudd mellom punktene 1 og 4?
 - Har diskkontrolleren batteribeskyttet minne?
- ZFS skriver fulle striper; data og paritet samtidig
- ZFS bruker «copy-on-write»; skriver nye data til ledige diskblokker
- Endringer som hører sammen, samles i transaksjonsgrupper

Hvordan virker ZFS?

- ZFS unngår RAID 5-skrivehullet til eldre RAID-kontrollere som
 - 1 Skriver nye data til de samme datablokkene som tidligere
 - 2 Leser gamle, urørte data fra de samme datablokkene
 - 3 Regner ut ny paritet for datablokkene
 - 4 Skriver oppdatert paritet til de samme paritetsblokkene som tidligere
 - Hva skjer nå og senere hvis du får strøbrudd mellom punktene 1 og 4?
 - Har diskkontrolleren batteribeskyttet minne?
- ZFS skriver fulle striper; data og paritet samtidig
- ZFS bruker «copy-on-write»; skriver nye data til ledige diskblokker
- Endringer som hører sammen, samles i transaksjonsgrupper
- Sjekksummer brukes for alt som blir lagret

Hvordan virker ZFS?

- ZFS unngår RAID 5-skrivehullet til eldre RAID-kontrollere som
 - 1 Skriver nye data til de samme datablokkene som tidligere
 - 2 Leser gamle, urørte data fra de samme datablokkene
 - 3 Regner ut ny paritet for datablokkene
 - 4 Skriver oppdatert paritet til de samme paritetsblokkene som tidligere
 - Hva skjer nå og senere hvis du får strøbrudd mellom punktene 1 og 4?
 - Har diskkontrolleren batteribeskyttet minne?
- ZFS skriver fulle striper; data og paritet samtidig
- ZFS bruker «copy-on-write»; skriver nye data til ledige diskblokker
- Endringer som hører sammen, samles i transaksjonsgrupper
- Sjekksommer brukes for alt som blir lagret
 - ZFS kontrollerer at leste data er de samme som ble skrevet

Hvordan virker ZFS?

- ZFS unngår RAID 5-skrivehullet til eldre RAID-kontrollere som
 - 1 Skriver nye data til de samme datablokkene som tidligere
 - 2 Leser gamle, urørte data fra de samme datablokkene
 - 3 Regner ut ny paritet for datablokkene
 - 4 Skriver oppdatert paritet til de samme paritetsblokkene som tidligere
 - Hva skjer nå og senere hvis du får strømbrudd mellom punktene 1 og 4?
 - Har diskkontrolleren batteribeskyttet minne?
- ZFS skriver fulle striper; data og paritet samtidig
- ZFS bruker «copy-on-write»; skriver nye data til ledige diskblokker
- Endringer som hører sammen, samles i transaksjonsgrupper
- Sjekksummer brukes for alt som blir lagret
 - ZFS kontrollerer at leste data er de samme som ble skrevet
 - Oppdages avvik, leter ZFS etter alternativer

Hvordan virker ZFS?

- ZFS unngår RAID 5-skrivehullet til eldre RAID-kontrollere som
 - ① Skriver nye data til de samme datablokkene som tidligere
 - ② Leser gamle, urørte data fra de samme datablokkene
 - ③ Regner ut ny paritet for datablokkene
 - ④ Skriver oppdatert paritet til de samme paritetsblokkene som tidligere
 - Hva skjer nå og senere hvis du får strømbrudd mellom punktene 1 og 4?
 - Har diskkontrolleren batteribeskyttet minne?
- ZFS skriver fulle striper; data og paritet samtidig
- ZFS bruker «copy-on-write»; skriver nye data til ledige diskblokker
- Endringer som hører sammen, samles i transaksjonsgrupper
- Sjekksommer brukes for alt som blir lagret
 - ZFS kontrollerer at leste data er de samme som ble skrevet
 - Oppdages avvik, leter ZFS etter alternativer
 - Finnes alternativer, enten speilkopier eller paritet, så

Hvordan virker ZFS?

- ZFS unngår RAID 5-skrivehullet til eldre RAID-kontrollere som
 - 1 Skriver nye data til de samme datablokkene som tidligere
 - 2 Leser gamle, urørte data fra de samme datablokkene
 - 3 Regner ut ny paritet for datablokkene
 - 4 Skriver oppdatert paritet til de samme paritetsblokkene som tidligere
 - Hva skjer nå og senere hvis du får strømbrudd mellom punktene 1 og 4?
 - Har diskkontrolleren batteribeskyttet minne?
- ZFS skriver fulle striper; data og paritet samtidig
- ZFS bruker «copy-on-write»; skriver nye data til ledige diskblokker
- Endringer som hører sammen, samles i transaksjonsgrupper
- Sjekksummer brukes for alt som blir lagret
 - ZFS kontrollerer at leste data er de samme som ble skrevet
 - Oppdages avvik, leter ZFS etter alternativer
 - Finnes alternativer, enten speilkopier eller paritet, så
 - 1 Leveres korrekte data til applikasjonen, og

Hvordan virker ZFS?

- ZFS unngår RAID 5-skrivehullet til eldre RAID-kontrollere som
 - ① Skriver nye data til de samme datablokkene som tidligere
 - ② Leser gamle, urørte data fra de samme datablokkene
 - ③ Regner ut ny paritet for datablokkene
 - ④ Skriver oppdatert paritet til de samme paritetsblokkene som tidligere
 - Hva skjer nå og senere hvis du får strømbrudd mellom punktene 1 og 4?
 - Har diskkontrolleren batteribeskyttet minne?
- ZFS skriver fulle striper; data og paritet samtidig
- ZFS bruker «copy-on-write»; skriver nye data til ledige diskblokker
- Endringer som hører sammen, samles i transaksjonsgrupper
- Sjekksummer brukes for alt som blir lagret
 - ZFS kontrollerer at leste data er de samme som ble skrevet
 - Oppdages avvik, leter ZFS etter alternativer
 - Finnes alternativer, enten speilkopier eller paritet, så
 - ① Leveres korrekte data til applikasjonen, og
 - ② Avviket korrigeres automatisk på den syke disken

Hvordan virker ZFS?

- ZFS unngår RAID 5-skrivehullet til eldre RAID-kontrollere som
 - ① Skriver nye data til de samme datablokkene som tidligere
 - ② Leser gamle, urørte data fra de samme datablokkene
 - ③ Regner ut ny paritet for datablokkene
 - ④ Skriver oppdatert paritet til de samme paritetsblokkene som tidligere
 - Hva skjer nå og senere hvis du får strømbrudd mellom punktene 1 og 4?
 - Har diskkontrolleren batteribeskyttet minne?
- ZFS skriver fulle striper; data og paritet samtidig
- ZFS bruker «copy-on-write»; skriver nye data til ledige diskblokker
- Endringer som hører sammen, samles i transaksjonsgrupper
- Sjekksummer brukes for alt som blir lagret
 - ZFS kontrollerer at leste data er de samme som ble skrevet
 - Oppdages avvik, leter ZFS etter alternativer
 - Finnes alternativer, enten speilkopier eller paritet, så
 - ① Leveres korrekte data til applikasjonen, og
 - ② Avviket korrigeres automatisk på den syke disken
 - Finnes ingen alternativer, så må filene restaureres fra backup

- Ikke bruk ZFS sammen med RAID-kontrollere!

- Ikke bruk ZFS sammen med RAID-kontrollere!
- RAID-kontrolleren kan i verste fall motarbeide ZFS

- **Ikke** bruk ZFS sammen med RAID-kontrollere!
- RAID-kontrolleren kan i verste fall motarbeide ZFS
- Sett RAID-kontrolleren i JBOD-modus, eller

- **Ikke** bruk ZFS sammen med RAID-kontrollere!
- RAID-kontrolleren kan i verste fall motarbeide ZFS
- Sett RAID-kontrolleren i JBOD-modus, eller
- La hver harddisk være sitt enslige RAID 0-volum

Hvor kommer ZFS fra?

Hvor kommer ZFS fra?

- Utviklet av Jeffrey Bonwick, Matthew Ahrens og flere kollegaer ved Sun Microsystems, Inc.

Hvor kommer ZFS fra?

- Utviklet av Jeffrey Bonwick, Matthew Ahrens og flere kollegaer ved Sun Microsystems, Inc.
- Arbeidet begynte i 2001

Hvor kommer ZFS fra?

- Utviklet av Jeffrey Bonwick, Matthew Ahrens og flere kollegaer ved Sun Microsystems, Inc.
- Arbeidet begynte i 2001
- Første prototyp ble ferdig 31. oktober 2001 (halloween)

Hvor kommer ZFS fra?

- Utviklet av Jeffrey Bonwick, Matthew Ahrens og flere kollegaer ved Sun Microsystems, Inc.
- Arbeidet begynte i 2001
- Første prototyp ble ferdig 31. oktober 2001 (halloween)
- ZFS → Solaris, oktober 2005

Hvor kommer ZFS fra?

- Utviklet av Jeffrey Bonwick, Matthew Ahrens og flere kollegaer ved Sun Microsystems, Inc.
- Arbeidet begynte i 2001
- Første prototyp ble ferdig 31. oktober 2001 (halloween)
- ZFS → Solaris, oktober 2005
- ZFS er lisensiert etter «Common Development and Distribution License» (CDDL)

Hvor kommer ZFS fra?

- Utviklet av Jeffrey Bonwick, Matthew Ahrens og flere kollegaer ved Sun Microsystems, Inc.
- Arbeidet begynte i 2001
- Første prototyp ble ferdig 31. oktober 2001 (halloween)
- ZFS → Solaris, oktober 2005
- ZFS er lisensiert etter «Common Development and Distribution License» (CDDL)
- ZFS → OpenSolaris, november 2005

Hvor kommer ZFS fra?

- Utviklet av Jeffrey Bonwick, Matthew Ahrens og flere kollegaer ved Sun Microsystems, Inc.
- Arbeidet begynte i 2001
- Første prototyp ble ferdig 31. oktober 2001 (halloween)
- ZFS → Solaris, oktober 2005
- ZFS er lisensiert etter «Common Development and Distribution License» (CDDL)
- ZFS → OpenSolaris, november 2005
- ZFS → FreeBSD, april 2007

Hvor kommer ZFS fra?

- Utviklet av Jeffrey Bonwick, Matthew Ahrens og flere kollegaer ved Sun Microsystems, Inc.
- Arbeidet begynte i 2001
- Første prototyp ble ferdig 31. oktober 2001 (halloween)
- ZFS → Solaris, oktober 2005
- ZFS er lisensiert etter «Common Development and Distribution License» (CDDL)
- ZFS → OpenSolaris, november 2005
- ZFS → FreeBSD, april 2007
- Linux' GPL v2-lisens kompliserer import av ZFS

Hvor kommer ZFS fra?

- Utviklet av Jeffrey Bonwick, Matthew Ahrens og flere kollegaer ved Sun Microsystems, Inc.
- Arbeidet begynte i 2001
- Første prototyp ble ferdig 31. oktober 2001 (halloween)
- ZFS → Solaris, oktober 2005
- ZFS er lisensiert etter «Common Development and Distribution License» (CDDL)
- ZFS → OpenSolaris, november 2005
- ZFS → FreeBSD, april 2007
- Linux' GPL v2-lisens kompliserer import av ZFS
 - ZFS i Linux gjennom FUSE gjenstår som en (treg) mulighet

Hvor kommer ZFS fra?

- Utviklet av Jeffrey Bonwick, Matthew Ahrens og flere kollegaer ved Sun Microsystems, Inc.
- Arbeidet begynte i 2001
- Første prototyp ble ferdig 31. oktober 2001 (halloween)
- ZFS → Solaris, oktober 2005
- ZFS er lisensiert etter «Common Development and Distribution License» (CDDL)
- ZFS → OpenSolaris, november 2005
- ZFS → FreeBSD, april 2007
- Linux' GPL v2-lisens kompliserer import av ZFS
 - ZFS i Linux gjennom FUSE gjenstår som en (treg) mulighet
 - Brian Behlendorf ved Lawrence Livermore National Laboratory (LLNL) har laget «Native ZFS for/on Linux»

Hvor kommer ZFS fra?

- Utviklet av Jeffrey Bonwick, Matthew Ahrens og flere kollegaer ved Sun Microsystems, Inc.
- Arbeidet begynte i 2001
- Første prototyp ble ferdig 31. oktober 2001 (halloween)
- ZFS → Solaris, oktober 2005
- ZFS er lisensiert etter «Common Development and Distribution License» (CDDL)
- ZFS → OpenSolaris, november 2005
- ZFS → FreeBSD, april 2007
- Linux' GPL v2-lisens kompliserer import av ZFS
 - ZFS i Linux gjennom FUSE gjenstår som en (treg) mulighet
 - Brian Behlendorf ved Lawrence Livermore National Laboratory (LLNL) har laget «Native ZFS for/on Linux»
- ZFS var tilgjengelig i Mac OS X 10.5, bare read-only, men har vært tilbaketrasket siden oktober 2009

Hvor kommer ZFS fra?

- Utviklet av Jeffrey Bonwick, Matthew Ahrens og flere kollegaer ved Sun Microsystems, Inc.
- Arbeidet begynte i 2001
- Første prototyp ble ferdig 31. oktober 2001 (halloween)
- ZFS → Solaris, oktober 2005
- ZFS er lisensiert etter «Common Development and Distribution License» (CDDL)
- ZFS → OpenSolaris, november 2005
- ZFS → FreeBSD, april 2007
- Linux' GPL v2-lisens kompliserer import av ZFS
 - ZFS i Linux gjennom FUSE gjenstår som en (treg) mulighet
 - Brian Behlendorf ved Lawrence Livermore National Laboratory (LLNL) har laget «Native ZFS for/on Linux»
- ZFS var tilgjengelig i Mac OS X 10.5, bare read-only, men har vært tilbaketrasket siden oktober 2009
- Noen Mac OS X-entusiaster har laget sine egne ZFS-varianter

Hvor kommer ZFS fra?

- Utviklet av Jeffrey Bonwick, Matthew Ahrens og flere kollegaer ved Sun Microsystems, Inc.
- Arbeidet begynte i 2001
- Første prototyp ble ferdig 31. oktober 2001 (halloween)
- ZFS → Solaris, oktober 2005
- ZFS er lisensiert etter «Common Development and Distribution License» (CDDL)
- ZFS → OpenSolaris, november 2005
- ZFS → FreeBSD, april 2007
- Linux' GPL v2-lisens kompliserer import av ZFS
 - ZFS i Linux gjennom FUSE gjenstår som en (treg) mulighet
 - Brian Behlendorf ved Lawrence Livermore National Laboratory (LLNL) har laget «Native ZFS for/on Linux»
- ZFS var tilgjengelig i Mac OS X 10.5, bare read-only, men har vært tilbaketrasket siden oktober 2009
- Noen Mac OS X-entusiaster har laget sine egne ZFS-varianter
- Andre OS med ZFS-støtte: OpenIndiana, FreeNAS, PC-BSD, GNU/kFreeBSD og NetBSD

- Pool-versjonene 1–28 og filsystem-versjonene 1–5 er tilgjengelig gjennom OpenSolaris og illumos

- Pool-versjonene 1–28 og filsystem-versjonene 1–5 er tilgjengelig gjennom OpenSolaris og illumos
- Pool-versjonene 29-34 og filsystem-versjon 6 er bare tilgjengelig i Solaris 11 (Express)

- Pool-versjonene 1–28 og filsystem-versjonene 1–5 er tilgjengelig gjennom OpenSolaris og illumos
- Pool-versjonene 29-34 og filsystem-versjon 6 er bare tilgjengelig i Solaris 11 (Express)
- OpenSolaris har gått videre til feature-flags og pool-versjon 1000

- Pool-versjonene 1–28 og filsystem-versjonene 1–5 er tilgjengelig gjennom OpenSolaris og illumos
- Pool-versjonene 29-34 og filsystem-versjon 6 er bare tilgjengelig i Solaris 11 (Express)
- OpenSolaris har gått videre til feature-flags og pool-versjon 1000
- illumos har gått videre til feature-flags og pool-versjon 5000

- Pool-versjonene 1–28 og filsystem-versjonene 1–5 er tilgjengelig gjennom OpenSolaris og illumos
- Pool-versjonene 29-34 og filsystem-versjon 6 er bare tilgjengelig i Solaris 11 (Express)
- OpenSolaris har gått videre til feature-flags og pool-versjon 1000
- illumos har gått videre til feature-flags og pool-versjon 5000
- De fleste OS-er utenom Solaris, samarbeider om videreutviklingen av illumos-varianten

- 1 First release
- 2 Ditto Blocks
- 3 Hot spares, double-parity RAID-Z (`raidz2`), improved RAID-Z accounting
- 4 `zpool` history
- 5 `gzip` compression for ZFS datasets
- 6 "`bootfs`pool" property
- 7 ZIL: adds the capability to specify a separate Intent Log device or devices
- 8 ability to delegate `zfs(1M)` administrative tasks to ordinary users
- 9 CIFS server support, dataset quotas
- 10 Devices can be added to a storage pool as "cache devices"
- 11 Improved `zpool scrub/resilver` performance
- 12 Snapshot properties

- 13 Properties: `usedbysnapshots`, `usedbychildren`, `usedbyreservation`, and `usedbydataset`
- 14 `passthrough-x aclinherit` property support
- 15 Properties: `userquota`, `groupquota`, `userused` and `groupused`; also required FS v4
- 16 STMF property support
- 17 triple-parity RAID-Z
- 18 ZFS snapshot holds
- 19 ZFS log device removal
- 20 `zle` compression algorithm that is needed to support the ZFS deduplication properties in ZFS pool version 21, which were released concurrently
- 21 Deduplication
- 22 `zfs receive` properties
- 23 slim ZIL

- 24 System attributes. Symlinks now their own object type. Also requires FS v5.
- 25 Improved pool scrubbing and resilvering statistics
- 26 Improved snapshot deletion performance
- 27 Improved snapshot creation performance (particularly recursive snapshots)
- 28 Multiple virtual device replacements
- 29 RAID-Z/mirror hybrid allocator
- 30 ZFS encryption
- 31 Improved 'zfs list' performance
- 32 One MB block support
- 33 Improved share support
- 34 Sharing with inheritance

- 1 First release
- 2 Enhanced directory entries. In particular, directory entries now store the object type. For example, file, directory, named pipe, and so on, in addition to the object number.
- 3 Support for sharing ZFS file systems over SMB. Case insensitivity support. System attribute support. Integrated anti-virus support.
- 4 Properties: userquota, groupquota, userused and groupused
- 5 System attributes; symlinks now their own object type
- 6 Multilevel file system support

Fremtiden for ZFS?

Fremtiden for ZFS?

- Oracle kjøpte opp Sun Microsystems, Inc., 27. januar 2010

Fremtiden for ZFS?

- Oracle kjøpte opp Sun Microsystems, Inc., 27. januar 2010
- Oracle gjorde OpenSolaris om til «ClosedSolaris» i mai 2010

Fremtiden for ZFS?

- Oracle kjøpte opp Sun Microsystems, Inc., 27. januar 2010
- Oracle gjorde OpenSolaris om til «ClosedSolaris» i mai 2010
- Hele ZFS-teamet hos Oracle sa opp på dagen, omtrent 90 dager etter denne avgjørelsen ifølge Bryan Cantrill

Fremtiden for ZFS?

- Oracle kjøpte opp Sun Microsystems, Inc., 27. januar 2010
- Oracle gjorde OpenSolaris om til «ClosedSolaris» i mai 2010
- Hele ZFS-teamet hos Oracle sa opp på dagen, omtrent 90 dager etter denne avgjørelsen ifølge Bryan Cantrill
- ZFS lever videre hos

Fremtiden for ZFS?

- Oracle kjøpte opp Sun Microsystems, Inc., 27. januar 2010
- Oracle gjorde OpenSolaris om til «ClosedSolaris» i mai 2010
- Hele ZFS-teamet hos Oracle sa opp på dagen, omtrent 90 dager etter denne avgjørelsen ifølge Bryan Cantrill
- ZFS lever videre hos
 - Oracle Solaris

Fremtiden for ZFS?

- Oracle kjøpte opp Sun Microsystems, Inc., 27. januar 2010
- Oracle gjorde OpenSolaris om til «ClosedSolaris» i mai 2010
- Hele ZFS-teamet hos Oracle sa opp på dagen, omtrent 90 dager etter denne avgjørelsen ifølge Bryan Cantrill
- ZFS lever videre hos
 - Oracle Solaris
 - illumos/OpenZFS

Fremtiden for ZFS?

- Oracle kjøpte opp Sun Microsystems, Inc., 27. januar 2010
- Oracle gjorde OpenSolaris om til «ClosedSolaris» i mai 2010
- Hele ZFS-teamet hos Oracle sa opp på dagen, omtrent 90 dager etter denne avgjørelsen ifølge Bryan Cantrill
- ZFS lever videre hos
 - Oracle Solaris
 - illumos/OpenZFS
 - OpenIndiana

Fremtiden for ZFS?

- Oracle kjøpte opp Sun Microsystems, Inc., 27. januar 2010
- Oracle gjorde OpenSolaris om til «ClosedSolaris» i mai 2010
- Hele ZFS-teamet hos Oracle sa opp på dagen, omtrent 90 dager etter denne avgjørelsen ifølge Bryan Cantrill
- ZFS lever videre hos
 - Oracle Solaris
 - illumos/OpenZFS
 - OpenIndiana
 - FreeBSD

Fremtiden for ZFS?

- Oracle kjøpte opp Sun Microsystems, Inc., 27. januar 2010
- Oracle gjorde OpenSolaris om til «ClosedSolaris» i mai 2010
- Hele ZFS-teamet hos Oracle sa opp på dagen, omtrent 90 dager etter denne avgjørelsen ifølge Bryan Cantrill
- ZFS lever videre hos
 - Oracle Solaris
 - illumos/OpenZFS
 - OpenIndiana
 - FreeBSD
 - Delphix

Fremtiden for ZFS?

- Oracle kjøpte opp Sun Microsystems, Inc., 27. januar 2010
- Oracle gjorde OpenSolaris om til «ClosedSolaris» i mai 2010
- Hele ZFS-teamet hos Oracle sa opp på dagen, omtrent 90 dager etter denne avgjørelsen ifølge Bryan Cantrill
- ZFS lever videre hos
 - Oracle Solaris
 - illumos/OpenZFS
 - OpenIndiana
 - FreeBSD
 - Delphix
 - iXsystems

Fremtiden for ZFS?

- Oracle kjøpte opp Sun Microsystems, Inc., 27. januar 2010
- Oracle gjorde OpenSolaris om til «ClosedSolaris» i mai 2010
- Hele ZFS-teamet hos Oracle sa opp på dagen, omtrent 90 dager etter denne avgjørelsen ifølge Bryan Cantrill
- ZFS lever videre hos
 - Oracle Solaris
 - illumos/OpenZFS
 - OpenIndiana
 - FreeBSD
 - Delphix
 - iXsystems
 - Joyent

Fremtiden for ZFS?

- Oracle kjøpte opp Sun Microsystems, Inc., 27. januar 2010
- Oracle gjorde OpenSolaris om til «ClosedSolaris» i mai 2010
- Hele ZFS-teamet hos Oracle sa opp på dagen, omtrent 90 dager etter denne avgjørelsen ifølge Bryan Cantrill
- ZFS lever videre hos
 - Oracle Solaris
 - illumos/OpenZFS
 - OpenIndiana
 - FreeBSD
 - Delphix
 - iXsystems
 - Joyent
 - NetBSD

Fremtiden for ZFS?

- Oracle kjøpte opp Sun Microsystems, Inc., 27. januar 2010
- Oracle gjorde OpenSolaris om til «ClosedSolaris» i mai 2010
- Hele ZFS-teamet hos Oracle sa opp på dagen, omtrent 90 dager etter denne avgjørelsen ifølge Bryan Cantrill
- ZFS lever videre hos
 - Oracle Solaris
 - illumos/OpenZFS
 - OpenIndiana
 - FreeBSD
 - Delphix
 - iXsystems
 - Joyent
 - NetBSD
 - Nexenta

Fremtiden for ZFS?

- Oracle kjøpte opp Sun Microsystems, Inc., 27. januar 2010
- Oracle gjorde OpenSolaris om til «ClosedSolaris» i mai 2010
- Hele ZFS-teamet hos Oracle sa opp på dagen, omtrent 90 dager etter denne avgjørelsen ifølge Bryan Cantrill
- ZFS lever videre hos
 - Oracle Solaris
 - illumos/OpenZFS
 - OpenIndiana
 - FreeBSD
 - Delphix
 - iXsystems
 - Joyent
 - NetBSD
 - Nexenta
 - Linux

Del II

ZFS!

8 Administrasjon av ZFS

- zpool
- zfs

9 Oppretting av pooler

- Enkle pool-eksempler
- Avanserte pool-eksempler

10 zpool-egenskaper

11 zfs-egenskaper

- To kommandoer (med underkommandoer):

- To kommandoer (med underkommandoer):
 - 1 `zpool`

- To kommandoer (med underkommandoer):
 - ① zpool
 - Administrasjon av lagringspoolene

- To kommandoer (med underkommandoer):
 - 1 zpool
 - Administrasjon av lagringspoolene
 - 2 zfs

- To kommandoer (med underkommandoer):
 - 1 `zpool`
 - Administrasjon av lagringspoolene
 - 2 `zfs`
 - Administrasjon av filsystemer, snapshots, kloner, m.m.

- To kommandoer (med underkommandoer):
 - 1 `zpool`
 - Administrasjon av lagringspoolene
 - 2 `zfs`
 - Administrasjon av filsystemer, snapshots, kloner, m.m.
- Det finnes en tredje kommando for de nysgjerrige: `zdb`

- To kommandoer (med underkommandoer):
 - 1 `zpool`
 - Administrasjon av lagringspoolene
 - 2 `zfs`
 - Administrasjon av filsystemer, snapshots, kloner, m.m.
- Det finnes en tredje kommando for de nysgjerrige: `zdb`
 - Brukes for å avlese indre ZFS-detalljer

- `zpool add`
- `zpool attach`
- `zpool clear`
- `zpool create`
- `zpool destroy`
- `zpool detach`
- `zpool export`
- `zpool get`
- `zpool history`
- `zpool import`
- `zpool iostat`
- `zpool labelclear`
- `zpool list`

- `zpool offline`
- `zpool online`
- `zpool reguid`
- `zpool remove`
- `zpool reopen`
- `zpool replace`
- `zpool scrub`
- `zpool set`
- `zpool split`
- `zpool status`
- `zpool upgrade`

- `zfs allow`
- `zfs bookmark`
- `zfs clone`
- `zfs create`
- `zfs destroy`
- `zfs diff`
- `zfs get`
- `zfs groupspace`
- `zfs holds`
- `zfs hold`
- `zfs inherit`
- `zfs jail`
- `zfs list`

- zfs mount
- zfs promote
- zfs receive
- zfs release
- zfs rename
- zfs rollback
- zfs send
- zfs set
- zfs share
- zfs snapshot
- zfs unallow
- zfs unjail
- zfs unmount

Administrasjon av ZFS III

zfs-kommandoer

- `zfs unshare`
- `zfs upgrade`
- `zfs userspace`

Oppretting av pooler

Oppretting av pooler

- `zpool create [opsjoner] navn-på-pool [organiseringstype] ingredienser [organiseringstype ingredienser] ...`

Oppretting av pooler

- `zpool create [opsjoner] navn-på-pool [organiseringstype] ingredienser [organiseringstype ingredienser] ...`
- Unngå å plassere mer enn 9 enheter i hver vdev

Oppretting av pooler

- `zpool create [opsjoner] navn-på-pool [organiseringstype] ingredienser [organiseringstype ingredienser] ...`
- Unngå å plassere mer enn 9 enheter i hver vdev
- I stedet for å stripe en pool over 20 harddisker, vurder å speile to og to harddisker i 10 grupper

Oppretting av pooler

Enkle pool-eksempler

Oppretting av pooler

Enkle pool-eksempler

- Singledisk:

Oppretting av pooler

Enkle pool-eksempler

- Singledisk:
- `zpool create rpool da0`

Oppretting av pooler

Enkle pool-eksempler

- Singledisk:
- `zpool create rpool da0`
- RAID 0 over to disker:

Oppretting av pooler

Enkle pool-eksempler

- Singledisk:
- `zpool create rpool da0`
- RAID 0 over to disker:
- `zpool create rpool da0 da1`

Oppretting av pooler

Enkle pool-eksempler

- Singledisk:
- `zpool create rpool da0`
- RAID 0 over to disker:
- `zpool create rpool da0 da1`
- RAID 1 over to disker:

Oppretting av pooler

Enkle pool-eksempler

- Singledisk:
 - `zpool create rpool da0`
- RAID 0 over to disker:
 - `zpool create rpool da0 da1`
- RAID 1 over to disker:
 - `zpool create rpool mirror da0 da1`

- Singledisk:
- `zpool create rpool da0`
- RAID 0 over to disker:
- `zpool create rpool da0 da1`
- RAID 1 over to disker:
- `zpool create rpool mirror da0 da1`
- RAID 5 over tre disker:

- Singledisk:
 - `zpool create rpool da0`
- RAID 0 over to disker:
 - `zpool create rpool da0 da1`
- RAID 1 over to disker:
 - `zpool create rpool mirror da0 da1`
- RAID 5 over tre disker:
 - `zpool create rpool raidz1 da0 da1 da2`

- Singledisk:
 - `zpool create rpool da0`
- RAID 0 over to disker:
 - `zpool create rpool da0 da1`
- RAID 1 over to disker:
 - `zpool create rpool mirror da0 da1`
- RAID 5 over tre disker:
 - `zpool create rpool raidz1 da0 da1 da2`
- RAID 6 over fire disker:

- Singledisk:
 - `zpool create rpool da0`
- RAID 0 over to disker:
 - `zpool create rpool da0 da1`
- RAID 1 over to disker:
 - `zpool create rpool mirror da0 da1`
- RAID 5 over tre disker:
 - `zpool create rpool raidz1 da0 da1 da2`
- RAID 6 over fire disker:
 - `zpool create rpool raidz2 da0 da1 da2 da3`

- Singledisk:
 - `zpool create rpool da0`
- RAID 0 over to disker:
 - `zpool create rpool da0 da1`
- RAID 1 over to disker:
 - `zpool create rpool mirror da0 da1`
- RAID 5 over tre disker:
 - `zpool create rpool raidz1 da0 da1 da2`
- RAID 6 over fire disker:
 - `zpool create rpool raidz2 da0 da1 da2 da3`
- «RAID 7» over fem disker:

- Singledisk:
 - `zpool create rpool da0`
- RAID 0 over to disker:
 - `zpool create rpool da0 da1`
- RAID 1 over to disker:
 - `zpool create rpool mirror da0 da1`
- RAID 5 over tre disker:
 - `zpool create rpool raidz1 da0 da1 da2`
- RAID 6 over fire disker:
 - `zpool create rpool raidz2 da0 da1 da2 da3`
- «RAID 7» over fem disker:
 - `zpool create rpool raidz3 da0 da1 da2 da3 da4`

Oppretting av pooler

Avanserte pool-eksempler

Oppretting av pooler

Avanserte pool-eksempler

- RAID ?:

Oppretting av pooler

Avanserte pool-eksempler

- RAID ?:
- `zpool create rpool mirror da0 da1 mirror da2 da3 mirror da4 da5`

Oppretting av pooler

Avanserte pool-eksempler

- RAID 1+0 (3 vdevs á 2 disker):
- `zpool create rpool mirror da0 da1 mirror da2 da3 mirror da4 da5`

Oppretting av pooler

Avanserte pool-eksempler

- RAID 1+0 (3 vdevs á 2 disker):
- `zpool create rpool mirror da0 da1 mirror da2 da3 mirror da4 da5`
- RAID ?:

Oppretting av pooler

Avanserte pool-eksempler

- RAID 1+0 (3 vdevs á 2 disker):
- `zpool create rpool mirror da0 da1 mirror da2 da3 mirror da4 da5`
- RAID ?:
- `zpool create rpool raidz1 da0 da1 da2 raidz1 da3 da4 da5`

Oppretting av pooler

Avanserte pool-eksempler

- RAID 1+0 (3 vdevs á 2 disker):
- `zpool create rpool mirror da0 da1 mirror da2 da3 mirror da4 da5`
- RAID 5+0 (2 vdevs á 3 disker):
- `zpool create rpool raidz1 da0 da1 da2 raidz1 da3 da4 da5`

Oppretting av pooler

Avanserte pool-eksempler

- RAID 1+0 (3 vdevs á 2 disker):
- `zpool create rpool mirror da0 da1 mirror da2 da3 mirror da4 da5`
- RAID 5+0 (2 vdevs á 3 disker):
- `zpool create rpool raidz1 da0 da1 da2 raidz1 da3 da4 da5`
- RAID ?:

Oppretting av pooler

Avanserte pool-eksempler

- RAID 1+0 (3 vdevs á 2 disker):
 - `zpool create rpool mirror da0 da1 mirror da2 da3 mirror da4 da5`
- RAID 5+0 (2 vdevs á 3 disker):
 - `zpool create rpool raidz1 da0 da1 da2 raidz1 da3 da4 da5`
- RAID ?:
 - `zpool create rpool raidz2 da0 da1 da2 da3 raidz2 da4 da5 da6 da7`

Oppretting av pooler

Avanserte pool-eksempler

- RAID 1+0 (3 vdevs á 2 disker):
 - `zpool create rpool mirror da0 da1 mirror da2 da3 mirror da4 da5`
- RAID 5+0 (2 vdevs á 3 disker):
 - `zpool create rpool raidz1 da0 da1 da2 raidz1 da3 da4 da5`
- RAID 6+0 (2 vdevs á 4 disker):
 - `zpool create rpool raidz2 da0 da1 da2 da3 raidz2 da4 da5 da6 da7`

Oppretting av pooler

Avanserte pool-eksempler

- RAID 1+0 (3 vdevs á 2 disker):
 - `zpool create rpool mirror da0 da1 mirror da2 da3 mirror da4 da5`
- RAID 5+0 (2 vdevs á 3 disker):
 - `zpool create rpool raidz1 da0 da1 da2 raidz1 da3 da4 da5`
- RAID 6+0 (2 vdevs á 4 disker):
 - `zpool create rpool raidz2 da0 da1 da2 da3 raidz2 da4 da5 da6 da7`
- RAID ?:

Oppretting av pooler

Avanserte pool-eksempler

- RAID 1+0 (3 vdevs á 2 disker):
 - `zpool create rpool mirror da0 da1 mirror da2 da3 mirror da4 da5`
- RAID 5+0 (2 vdevs á 3 disker):
 - `zpool create rpool raidz1 da0 da1 da2 raidz1 da3 da4 da5`
- RAID 6+0 (2 vdevs á 4 disker):
 - `zpool create rpool raidz2 da0 da1 da2 da3 raidz2 da4 da5 da6 da7`
- RAID ?:
 - `zpool create rpool mirror da0 da1 raidz1 da2 da3 da4`

Oppretting av pooler

Avanserte pool-eksempler

- RAID 1+0 (3 vdevs á 2 disker):
 - `zpool create rpool mirror da0 da1 mirror da2 da3 mirror da4 da5`
- RAID 5+0 (2 vdevs á 3 disker):
 - `zpool create rpool raidz1 da0 da1 da2 raidz1 da3 da4 da5`
- RAID 6+0 (2 vdevs á 4 disker):
 - `zpool create rpool raidz2 da0 da1 da2 da3 raidz2 da4 da5 da6 da7`
- RAID 1+5+0 (2 vdevs, 2 og 3 disker):
 - `zpool create rpool mirror da0 da1 raidz1 da2 da3 da4`

- size
- capacity
- altroot
- health
- guid
- version
- bootfs
- delegation
- autoreplace
- cachefile
- failmode
- listsnapshots
- autoexpand

- dedupditto
- dedupratio
- free
- allocated
- readonly
- comment
- expandsize
- freeing
- feature@async_destroy
- feature@empty_bpobj
- feature@lz4_compress
- feature@multi_vdev_crash_dump
- feature@spacemap_histogram
- feature@extensible_dataset

- type
- creation
- used
- available
- referenced
- compressratio
- mounted
- quota
- reservation
- recordsize
- mountpoint
- sharenfs
- checksum

- compression
- atime
- devices
- exec
- setuid
- readonly
- jailed
- snapdir
- aclmode
- aclinherit
- canmount
- xattr
- copies
- version

- `utf8only`
- `normalization`
- `casesensitivity`
- `vscan`
- `nbmand`
- `sharesmb`
- `refquota`
- `refreservation`
- `primarycache`
- `secondarycache`
- `usedbysnapshots`
- `usedbydataset`
- `usedbychildren`
- `usedbyreservation`

- logbias
- dedup
- mlslabel
- sync
- refcompressratio
- written
- logicalused
- logicalreferenced